

**Untersuchungen zur Frage der
Beziehungen der Drehreizschwelle
zu der rotatorischen
Labyrintherregbarkeit**

Helga Pfänder

1965

Aus der Universitäts-Hals-, Nasen- und Ohrenklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor : Professor Dr. L e i c h e r)

UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE DER BEZIEHUNGEN DER DREHREIZ-
SCHWELLE ZU DER ROTATORISCHEN LABYRINTHERREGBARKEIT

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
H e l g a P f ä n d e r
aus Wetter (Ruhr)

Mainz 1965

Dekan : Professor Dr. K o r t i n g

Referent : Professor Dr. H a a s

Korreferent : Professor Dr. L e i c h e r

Tag der mündlichen Prüfung : **28. 11. 65**

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT
GEWIDMET



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Hauptteil :

1)	Über die Geschichte der Nystagmographie und die physiologischen Grundlagen des Nystagmus.	7
2)	Welche Bedingungen mußten erfüllt werden, damit ein brauchbares Nystagmogramm entstand ?	11
3)	Die Bestimmung des perrotatorischen Nystagmus als sog. Drehreizschwelle.	13
4)	Unsere Ergebnisse bei der Bestimmung der Drehreizschwelle.	16
5)	Die Bestimmung des postrotatorischen Nystagmus.	18
6)	Unsere Ergebnisse über den postrotatorischen Nystagmus I.	21
7)	Postrotatorischer Nystagmus I - Drehreizschwelle.	23
8)	Ergebnisse zur Frage der Beziehungen der Drehreizschwelle zu der rotatorischen Labyrinthregbarkeit.	30
9)	Ergebnisse über den postrotatorischen Nystagmus II.	32
10)	Ausführungen über das Nystagmusüberwiegen.	33
11)	Zusammenfassung.	38

II. Anhang :

- 1) Tabellen über die erhaltenen Werte
 - a) der Drehreizschwellen,
 - b) des postrotatorischen Nystagmus I und II.
- 2) Diagramme.
- 3) Darstellungen der einfachen und partiellen Korrelationskoeffizienten in Dreiecksform

III. Literaturverzeichnis

I. Abschnitt:

11	Über die Geschichte der Hydrographie und die hydrographische Kartographie des Mittelmeers	7
20	Welche Bedeutung haben die hydrographischen Karten für die Navigation?	12
25	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	13
30	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	14
35	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	15
40	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	16
45	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	17
50	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	18
55	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	19
60	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	20
65	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	21
70	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	22
75	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	23
80	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	24
85	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	25
90	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	26
95	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	27
100	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	28

II. Abschnitt:

11	Über die Geschichte der Hydrographie und die hydrographische Kartographie des Mittelmeers	7
20	Welche Bedeutung haben die hydrographischen Karten für die Navigation?	12
25	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	13
30	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	14
35	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	15
40	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	16
45	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	17
50	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	18
55	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	19
60	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	20
65	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	21
70	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	22
75	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	23
80	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	24
85	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	25
90	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	26
95	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	27
100	Die Bedeutung der hydrographischen Karten für die Navigation	28

Über die Geschichte der Nystagmographie und die physiologischen Grundlagen des Nystagmus.

Das Wort "Nystagmographie" kommt aus dem Griechischen : Nystagmus = Augenzittern, -graphie von graphein = schreiben. Es bedeutet also : Aufschreiben des Augenzitterns. Seit Jahrzehnten war es das Ziel vieler Wissenschaftler, den Nystagmus auf irgend eine Weise registrieren zu können.

Wenn wir über die Geschichte der Nystagmographie nachlesen, so gehen die Anfänge bis 1881 auf H ö g y e s zurück (8) ⁺. Die ersten Versuche bestanden darin, kleine Hebel oder Spiegel auf den Augenbulbi zu befestigen und deren Bewegungen mit Hilfe einer Schreibhebelübertragung oder des reflektierten Lichtes aufzuschreiben (K n o l l, R a e h l m a n n, O r c h a n s k y, M a r x, T r e n d l e n b u r g, W i t m e r, W o j a t s c h e k). 1889 entdeckte B r e u e r, daß neben rotatorischer auch bei thermischer Reizung des Vestibularapparates ein Nystagmus zu beobachten ist. Die von O h m 1914 entwickelte Hebelnystagmographie ist heute nur noch selten gebräuchlich. Man weiß nämlich, daß die Registrierung des Nystagmus die Bewegungen der Augenbulbi hemmt. Erstmals 1922 wurde das Saitengalvanometer von S c h o t t zur Registrierung benutzt. M e y e r s (1929) und J a c o b s e n (1930) wandten ebenfalls elektrische Meßmethoden an (32). Diese neue elektronystagmographische Methode beruht auf der Tatsache, daß zwischen Cornea und Retina Potentialdifferenzen auftreten. D u B o i s - R e y m o n d hatte dieses erstmals 1849 gefunden (8). Die ENG (Elektronystagmographie), deren Grundstein also erst vor etwa 40 Jahren gelegt wurde, hat gegenüber der ophthalmologischen Nystagmus-Registrierung (kleine Hebel auf den Bulbi) den Vorteil, daß die Augenbulbi in ihrer Bewegung nicht gehemmt werden.

Wenn wir uns die Frage stellen, wie sich die Nystagmographie auf elektrischer Basis entwickeln konnte, so müssen wir uns die physiologischen Grundlagen vergegenwärtigen : Der Sacculus, Utriculus und die Bogengänge werden als Vestibularapparat zusammengefaßt, welcher die Endapparate der Nervus vestibuli beherbergt. Der Vestibularapparat dient der

+) Die Zahlen verweisen auf die Nummern des Literaturverzeichnisses.

Erhaltung des Gleichgewichtes; die Bogengänge, welche in drei verschiedenen Ebenen senkrecht aufeinander stehen, stellen das Organ der Übermittlung der Drehbewegung des Kopfes und damit des Körpers dar. Bei einer beschleunigten Drehbewegung wird am Anfang die Endolymphe in dem Bogengang, in dessen Ebene die Drehung erfolgt, infolge ihrer Trägheit gegenüber der Drehgeschwindigkeit zurückbleiben. Dadurch wird eine Reizung der Sinneszellen in den Ampullen ausgelöst, wodurch der sog. perrotatorische Nystagmus entsteht.

Ist die Endgeschwindigkeit der Drehbewegung erreicht, so befinden sich Endolymphe und Körpergeschwindigkeit im gleichen Tempo (10). In dieser Phase haben wir keine Reizung der Sinneszellen. Schmalz führte in einem Londoner Vortrag 1932 folgendes über die physiologischen Grundlagen des Nystagmus aus: "Während der Beschleunigung ist die relative Geschwindigkeit der Endolymphe proportional der Beschleunigung des Bogengangs und einem Faktor q . Dieser Faktor enthält die Dimension des Bogengangs, die Dichte und die Viskosität der Endolymphe. Die relative Geschwindigkeit der Endolymphe erreicht ihr Maximum nach 0,02 Sekunden, dann wird sie konstant, bis die Beschleunigung des Bogengangs ihr Ende erreicht hat. Jetzt verschwindet die Geschwindigkeit der Endolymphe gegenüber dem Bogengang. Der Nullwert ist nach 0,5 Sekunden erreicht, nachdem die Beschleunigung des Bogengangs ihr Ende erreicht hat. Die Endolymphe bleibt nun unbeweglich gegenüber dem Bogengang und rotiert mit derselben absoluten Geschwindigkeit wie der Bogengang selber, bis er abgestoppt wird" (33).

Bei plötzlichem Stillstand der Drehbewegung tritt infolge der Trägheit die entgegengesetzte Endolymphbewegung ein und damit auch die entgegengesetzte Verlagerung der cristae ampullarum. Hierdurch entsteht der entgegengesetzt gerichtete Nachnystagmus (2).

Die Fasern des Nervus vestibuli ziehen zu vier ihm zugehörigen Terminalkernen in der Medulla oblongata. Die Fasern dort teilen sich in aufsteigende und absteigende Äste. Die aufsteigenden Fasern enden größtenteils gekreuzt oder ungekreuzt in den Dachkernen des Kleinhirns (nucl. globosi und fastigii). Die absteigenden Fasern enden gekreuzt oder ungekreuzt im Deiters-Kern in der Rautengrube, von wo Fasern zu den Augenmuskelkernen ziehen. Der Nystagmus wird als Reflex bezeichnet, der durch Reizung des Vestibularapparates über Umleitung der entsprechenden Nervenbahnen im Gehirn rhythmische Bewegungen der Augenbulbi hervorruft (10).

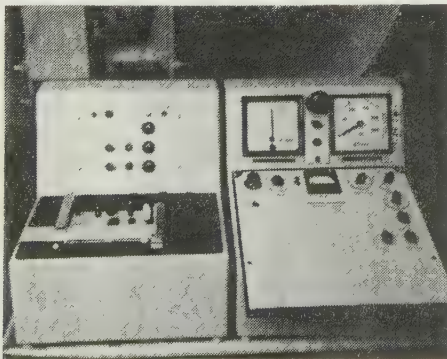
Da die Augenmuskelnerven reflektorisch vom Vestibularapparat ausgehend erregt werden, entsteht gegenüber der nicht erregten Umgebung ein Aktionsstrom, das corneo (+) - retinale (-) Aktionspotential. Dieser Aktions-

strom ist nur äußerst gering und beträgt nur 0,1 mV bis 1 Volt, welcher durch den Vorverstärker auf das 20 - 30 fache erhöht wird. Deshalb ist es nach M a c k e n s e n von großer Bedeutung, die richtige Wahl der Ableitungspunkte zu wählen, da mit zunehmender Entfernung vom schlafenwärtigen Lidrand die Höhe des corneo - retinalen Potentials erheblich absinkt (8).

Im Laufe der letzten 40 Jahre haben sich jedoch nicht nur Otologen um die ENG bemüht, sondern auch Neurologen und Ophthalmologen interessierten sich hierfür und verbesserten sie weiter. Besonders erwähnt seien hier M e y e r s (1929), J u n g (1939), sowie die Ophthalmologen M a c k e n s e n (1952) und F r a n c o i s (1955). Weitere Forscher auf diesem Gebiet waren M o w r e r, R u c h, M i l l e r (1936), F e n n und H u r s h (1937), M i l e s (1938), H o f f m a n n, sowie M i t t e r m a i e r, C a s e (1939), M o n t a n d o n, R o s s b e r g, M o n n i e r, v a n E g m o n d, S t a h l e, B e r g s t e d t, A s h a n, H a l l p i k e, H o o d, T r i n d e r. Auch im Ausland breitete sich die ENG aus.

Heute werden hauptsächlich ENG - Untersuchungen in den europäischen Ländern durchgeführt, aber auch in Nordamerika und in Japan (8).

Nach dem letzten Krieg wurden neben den elektrisch gesteuerten Drehstühlen von den Firmen T ö n n i e s und S i e m e n s sogar auch elektronisch gesteuerte entwickelt. An dem elektronisch gesteuerten Drehstuhl von T ö n n i e s mit dem Zweifach - Nystagmograph vom Jahre 1961 führten wir im Herbst 1963 unsere Versuchsreihe durch.



Er ist heute der Drehstuhl in Deutschland, der am exaktesten beschleunigt. Es treten ebenfalls wie bei elektrischer Steuerung während der Beschleunigung und Verzögerung Schwankungen um $0,1 \frac{^\circ}{\text{sec}^2}$ auf, was noch als hinreichend genau angesehen werden kann (8). M o n t a n d o n in Genf hat nach seinen Anweisungen einen hydraulischen Drehstuhl anfertigen lassen, welcher in der Lage sein soll, noch exakter als der von T ö n n i e s zu beschleunigen. Der Drehstuhl von T ö n n i e s mit Zweifach - Nystagmograph erlaubt eine Beschleunigung und Verzögerung in gleicher Weise.

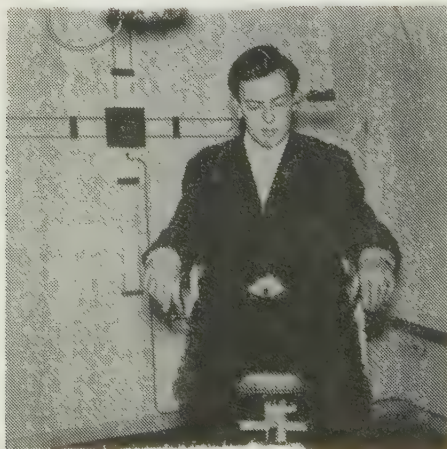
Grob schematisiert besteht er aus den drei Bestandteilen :



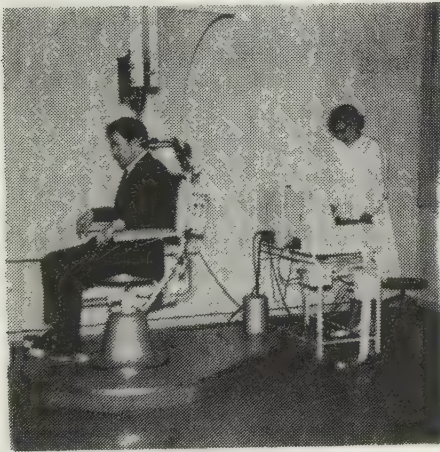
Auf die Fixierung des Kopfes, die bei diesem Drehstuhl möglich ist, legen wir besonderen Wert. Durch leichte Flexionsstellung, im Idealfall 30° , wird die Optimalstellung der horizontalen Bogengänge gewährleistet. Dadurch werden zusätzlich störende Stell- und Halsreflexe vermieden.

Beim Anlegen der 2 Elektroden (Abreiben der temporalen Hautpartien, Auftragen von Elektroden-Paste und Anbringen mit Leukoplast) achteten wir stets darauf, daß sie nur etwa 1 cm vom äußeren Lidrand entfernt befestigt wurden.

Wie schon erwähnt, werden nämlich mit zunehmender Entfernung die Potentialdifferenzen kleiner. Die dritte Elektrode wurde naß an dem rechten Ohr läppchen befestigt als sog. Erde, von welcher alle störenden Ströme im Kopfbereich abgeleitet werden.



Die geringen Spannungen von nur 0,1 mV, welche die beiden Schläfen-elektroden ableiten, werden über den Vorverstärker auf das 20 - 30 fache verstärkt und auf den Nystagmographen übertragen. Die Fortbewegung des Papiers geschieht mit einer Geschwindigkeit von 5 mm/sec. Den Filter stellten wir stets auf 0 ein, bei unruhigen Aufzeichnungen gingen wir auf die Einstellung 3 - 4 über. Als Zeitkonstante wählten wir 1,5. Zur Blick-winkleichung wurden zwei Glühbirnen verwendet, die im horizontalen Ab-stand von 20 cm hintereinander aufleuchteten. Die Ausschläge der Blick-winkleichung betrugen meist mehr als 15 mm.



Welche Bedingungen mußten erfüllt werden, damit ein brauchbares Nystagmogramm entstand ?

Bei unserer Versuchsreihe an dem oben beschriebenen Drehstuhl gingen wir von ohrgesunden Personen aus. Es mußten folgende Bedingungen erfüllt werden :

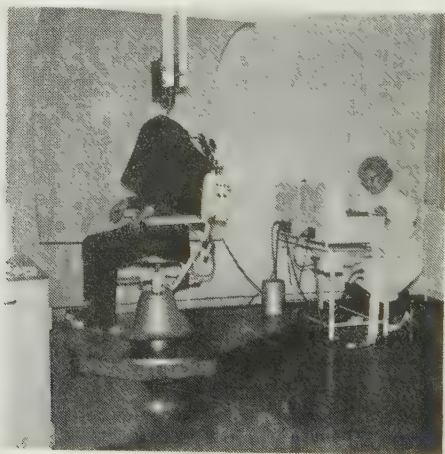
- 1) die Versuchsperson (Vp) mußte ohrgesund sein und durfte kein Schädel - Hirn - Trauma in der Anamnese aufweisen;
- 2) das Audiogramm, das wir anfertigten, mußte normal sein, d.h. altersgemäß und seitengleich;
- 3) es durfte kein Spontannystagmus nachzuweisen sein. Wir prüften auch auf Schüttel- und Lagennystagmus mit der F r e n z e l'schen Brille.

Wir prüften 49 Personen und bestimmten sowohl den perrotatorischen als auch den postrotatorischen Nystagmus zur Frage der Beziehungen der Drehreiz-

schwelle zu der rotatorischen Labyrinthregbarkeit. Die Vp. waren im Alter von 15 - 35 Jahren; wir erhielten ein Durchschnittsalter von 22,8 Jahren. Der größte Teil setzte sich aus Kollegen zusammen, aber auch Studenten anderer Fakultäten und Schüler von Gymnasien und Ingenieur-Schulen befanden sich darunter. Wir bemühten uns, vorher jeder Vp. den Untersuchungshergang zu erklären, um bestehende Ängstlichkeit und Aufregung zu beseitigen.

Da es sich in der Hauptsache um Kollegen handelte, war es nicht weiter schwierig, da diese auch teilweise Interesse zeigten und sich bereitwillig zur Verfügung stellten. Wie Ergebnisse gezeigt haben, ist diese psychologische Vorbehandlung wichtig, da anderenfalls durch erhöhten Muskeltonus vegetative Spannungen und dergleichen ziemlich gestörte Nystagmogramme zustandekommen können (8). Wir fragten auch jedesmal, ob in der Nacht vorher keine Medikamente oder Genußmittel (Luminal, Coffein) eingenommen worden seien. *Mittermaier* hatte 1960 festgestellt, daß Medikamente und Genußmittel die Erregbarkeit herabsetzen (31).

Wir forderten die Vp. auf, den Unterkiefer während der Drehung locker zu halten. Durch zusammengegebissene Zähne können durch den erhöhten Muskeltonus der Kaumuskulatur erhebliche Störungen auftreten (8). Einen optokinetischen Nystagmus schlossen wir dadurch aus, daß die Vp. die Augen schließen mußten. Außerdem legten wir ihnen ein dunkles Tuch über den Kopf und verdunkelten den Raum. *Rossberg* erkannte nämlich eine Verstärkung des Nystagmus in ganz besonderem Maße durch das aktive Schließen der Augen (29). Unnötige Unterhaltung wurde vermieden, um die Vp. nicht abzulenken. Unsere Schellenbestimmungen wurden durchweg morgens von 7 - 10 Uhr vorgenommen.



Die Bestimmung des perrotatorischen Nystagmus als sog. Drehreizschwelle.

In der Entwicklung der Versuchsanordnung bahnt sich in der letzten Zeit ein Wendepunkt an. Man verfolgt den Gedanken, von überschwelligen Reizen zu feineren überzugehen, nämlich zur Schwellenwertsbestimmung. Zu der Zeit, als nur manuell zu bedienende Drehstühle bekannt waren, wird es eine unvermeidliche Lösung gewesen sein, überschwellig zu beschleunigen (klassischer Versuch von Bárány 1907: 10 Umdrehungen in 20 Sekunden). Die Anfänge der unterschwelligen Beschleunigung zu Drehversuchen gehen bis auf Veits 1930 zurück. Auch van Egmond und Jongkees schufen mit der Cupulometrie eine heute gebräuchliche experimentelle Prüfung, die ebenfalls unterschwellige, d.h. nach der damaligen Ansicht unter $1^{\circ}/\text{sec}^2$, Beschleunigungen anwendet (8).

1925 machte Buys Versuche auf einem gut arbeitenden elektrisch angetriebenen Drehstuhl, der es vor allem erlaubte, die Anfangsbeschleunigung und Endverzögerung gleichzuhalten. Ebenso wie die Endverzögerung löst auch die Anfangsbeschleunigung einen Nystagmus aus. Der durch die Anfangsbeschleunigung während der Drehung ausgelöste Nystagmus wird von Buys als perrotatorischer Nystagmus bezeichnet (56). Heutzutage haben wir auf dem Gebiet der Beschleunigung ganz andere Möglichkeiten, da elektrisch und elektronisch gesteuerte Drehstühle mit viel exakteren Meßmethoden zur Verfügung stehen.

Die Bestimmung der Drehreizschwelle beruht auf der Tatsache, daß der perrotatorische Nystagmus nur während der Beschleunigung und Verzögerung auftritt und nicht bei der gleichmäßigen Drehung. Als Drehreizschwelle bezeichnen wir die Beschleunigungsgröße, welche nach einer bestimmten Latenzzeit rhythmische Augenbewegung (nach rechts oder links) hervorruft und während der ganzen Periode der Beschleunigung (oder Verzögerung) unterhält; der Augennystagmus darf nicht länger als die Dauer des Reizes bestehen (8). Diese Definition hat Montandon über die Drehreizschwelle gegeben. Mittermair sagt folgendes über den Begriff der Schwelle: "Der Begriff der Schwelle ist so zu verstehen, daß er sich durch das objektive Zeichen des Nystagmus manifestiert. Die Regulationsfunktion des Vestibularapparates sorgt dafür, daß unterschwellig bleibende Störungen unbemerkt zum Ausgleich kommen. Erst ein wesentlich stärkerer "Stoß ins System" bewirkt, daß der Ausgleich in einer für uns spürbaren und auch objektiv bemerkbaren Weise vor sich geht" (28). Montandon hat sich bei der Bestimmung der Drehreizschwelle besonders hervorgetan. Er und seine Schule (Monnier, Russbach, Fumeaux,

T a r a b, E g l o f f) bemühten sich besonders darum und haben diese äußerst feine Untersuchung zu einer klinisch brauchbaren Vestibularisprüfung ausgebaut. Bei diesem Test, "l'épreuve giratoire liminaire" genannt, werden auch überschwellige Beschleunigungen und Verzögerungen angewandt. Sie benutzten dabei einen elektronisch gesteuerten Drehstuhl, auf dem Beschleunigungen von $0,3 - 10^{\circ}/\text{sec}^2$ möglich waren.

M o n t a n d o n bemühte sich stets um eine möglichst genaue Festlegung der Drehreizschwelle mit langsam zunehmenden Geschwindigkeiten von $0,35, 0,5, 0,7, 0,85, 1,05^{\circ}/\text{sec}^2$ (8). Durch die Drehreizschwellenbestimmung haben wir die Möglichkeit, klinisch etwas über die beiden horizontalen Bogengänge auszusagen. Durch diesen Test werden sie nämlich getrennt voneinander gereizt. Der jeweils gereizte horizontale Bogengang wird durch die Richtung des Nystagmus festgelegt. M o n t a n d o n sieht die normale Schwelle des vestibulären Nystagmus des horizontalen Bogenganges als biologische Konstante an (8). Seine Mitarbeiter fanden nämlich unter den gleichen Bedingungen unabhängig voneinander die gleichen Mittelwerte für die Drehschwelle (R u s s b a c h, O F u m e a u x). Als Schwellenwert gibt M o n t a n d o n seit Jahren $0,8^{\circ}/\text{sec}^2$ an. R u s s b a c h fand 1955 bei 34 Normalpersonen Mittelwerte von $0,77^{\circ}/\text{sec}^2$ für beschleunigte Drehgeschwindigkeiten und $0,83^{\circ}/\text{sec}^2$ für Drehverzögerungen (8). F u m e a u x fand bei einer Reihenuntersuchung von 172 Normalpersonen durchschnittliche Schwellenwerte von $0,92^{\circ}/\text{sec}^2$ für Rechts- und Linksdrehung (8). Jede Schwellenerhöhung über $1^{\circ}/\text{sec}^2$ sieht M o n t a n d o n grundsätzlich als pathologisch an. Eine Steigerung bis $3^{\circ}/\text{sec}^2$ deutet er als leichte, auf $3 - 5^{\circ}/\text{sec}^2$ als mittlere und auf $6^{\circ}/\text{sec}^2$ als praktisch kompletten Ausfall des Vestibularapparates. Er konnte diese Ergebnisse durch eine ganze Reihe vergleichender Untersuchungen mittels der üblichen thermischen und anderer rotatorischen Verfahren bestätigen (8).

Weitere systematische Untersuchungen auf dem Gebiet der Drehreizschwelle wurden außer durch M o n t a n d o n's Schule auch von C a m a r d a (1957/58) sowie von F e r r e r i gemeinschaftlich mit C a m a r d a (1960) durchgeführt. Sie arbeiteten ebenfalls an einem elektronisch gesteuerten Drehstuhl mit zwei Kanälen und Vorverstärker. Die Schwellenwerte wurden streng nach der M o n t a n d o n'schen Methode bestimmt, und die Ergebnisse waren praktisch die gleichen wie bei M o n t a n d o n (8).

Auch stimmen die von F e r r e r i und C a m a r d a gefundenen Werte zum Teil mit älteren Untersuchungsergebnissen von B u y s und R i j l a n t, sowie A r s l a n, G r o e n und J o n g k e e s

überein (8). Ek, Jongkees und Klijn (1959) fanden mit einer elektronystagmographischen Methode bei Tauben sehr niedrige Schwellenwerte. Diese gehen sogar bis $0,04^{\circ}/\text{sec}^2$ herunter. Um 1930 fand Ter Braak bei Kaninchen ebenfalls sehr niedrige Werte zwischen $0,09$ und $0,23^{\circ}/\text{sec}^2$ (8).

Bei diesen Ergebnissen müssen wir stets beachten, worauf Mittermaier, Jongkees, Decher und andere hinweisen, daß die ermittelten Schwellenwerte im wesentlichen Maße von der Untersuchungsapparatur und -technik abhängen.

Wie schon erwähnt, übertrifft der nach den Anordnungen von Montandon angefertigte Drehstuhl den von Tönnies noch mehr an Exaktheit. Bezüglich der Höhe der Drehreizschwelle hat Montandon keine neuen Erkenntnisse gefunden, sondern nur bezüglich des Rhythmus des perrotatorischen Nystagmus bei zentralen Störungen (8).

1963 bestimmte Haas bei 104 Personen im Alter von 15 - 80 Jahren die Schwellenwerte in der hiesigen Klinik an demselben, auch von uns benutzten Drehstuhl zur Frage der Altersabhängigkeit der Drehreizschwelle. Er erhielt Schwellenmittelwerte von $0,61^{\circ}/\text{sec}^2$ für die Drehbeschleunigung und $0,59^{\circ}/\text{sec}^2$ für die Drehverzögerung. Bei den 15 - 50 jährigen ergaben sich Schwellenwerte von $0,52$ bzw. $0,51^{\circ}/\text{sec}^2$, während die 51 - 80 jährigen Mittelwerte von $0,72$ und $0,69^{\circ}/\text{sec}^2$ aufwiesen (13).

Decher fand im gleichen Jahr bei 83 Normalpersonen einen mittleren Drehreizschwellenwert von $0,36$ bzw. $0,37^{\circ}/\text{sec}^2$. Er benutzte bei seinen Versuchen das gleiche Drehstuhlmodell von Tönnies wie Haas und wir, nur mit elektrischer Steuerung, und ging ebenfalls nach der Montandon'schen Methode vor.

Bei unseren Vp. stellten wir nacheinander folgende Endgeschwindigkeiten und Beschleunigungen ein:

$20^{\circ}/\text{sec}$	$0,2^{\circ}/\text{sec}^2$
$40^{\circ}/\text{sec}$	$0,4^{\circ}/\text{sec}^2$
$60^{\circ}/\text{sec}$	$0,6^{\circ}/\text{sec}^2$
$80^{\circ}/\text{sec}$	$0,8^{\circ}/\text{sec}^2$

Zwischen Beschleunigung und Verzögerung, welche jeweils auf 90 Sekunden eingestellt waren, legten wir stets 60 - 90 Sekunden konstante Drehzeit. Bis zur nächst höheren Einstellung warteten wir ebenfalls 60 - 90 Sekunden. Wir begannen immer mit der Rechts-Drehung. Nachdem der Schwellenwert für die Rechts-Drehung gefunden war, schalteten wir um auf links, legten eine Pause von 3 Minuten ein und stellten die gleichen Werte ein wie zu Beginn der Rechts-Drehung.

Unsere Ergebnisse bei der Bestimmung der Drehreizschwelle.

Unsere mittleren Werte für die Drehreizschwelle liegen für rechts bei $0,48$ und für links bei $0,47^{\circ}/\text{sec}^2$. Individuelle Schwankungen der Werte von $0,2$ bis $0,7^{\circ}/\text{sec}^2$ wurden bei uns gefunden; diese Streuungen möchten wir auf personelle und individuelle Variabilität zurückführen. Vergleichen wir unsere Ergebnisse mit denen der ersten Gruppe von H a a s, so liegen unsere Werte um $0,05^{\circ}/\text{sec}^2$ niedriger. Diese geringe Differenz möchten wir darauf zurückführen, daß unser Durchschnittsalter wesentlich unter dem von H a a s ermittelten liegt. Wie er in seiner Arbeit ausführt, soll mit zunehmendem Alter ein Anstieg der Drehreizschwelle verbunden sein.

Gegenüber D e c h e r liegen unsere durchschnittlichen Schwellenwerte um etwa $0,1^{\circ}/\text{sec}^2$ höher. Wir dürfen die Ergebnisse mit denen von D e c h e r vergleichen, da sie am gleichen Apparat, nur mit unterschiedlicher Steuerung, nach der gleichen Methode und unter denselben Versuchsbedingungen durchgeführt wurden. Der höchste Schwellenwert unserer Versuchsreihe liegt bei $1,1^{\circ}/\text{sec}^2$. Alle Vp., welche einen noch höheren Schwellenwert aufwiesen, ließen wir fort, da diese - nach M o n t a n d o n - als pathologisch anzusehen sind. Trotz der geringen Differenzen zwischen den Ergebnissen von H a a s, D e c h e r und uns ist doch ganz offensichtlich, daß auch unsere Mittelwerte eindeutig unter denen liegen, welche vor H a a s und D e c h e r mit der ENG gefunden wurden. Kurz zu erwähnen wäre an dieser Stelle die Photo-Elektro-Nystagmographie (PENG), welche bisher die niedrigsten Schwellenwerte gemessen hat. Irgendwelche Fehler in der Ausführung der Versuche können uns nicht unterlaufen sein, da wir stets zu zweit oder dritt unsere Schwellenwertsbestimmungen durchführten. Wie D e c h e r, so fanden auch wir eine Zunahme der Amplituden bei größer werdenden überschwelligen Reizen. Die Latenzzeit betrug meistens etwa 30 Sekunden, bei manchen Vp. trat der perrotatorische Nystagmus aber erst nach 60 Sekunden auf.

Wir haben ebenfalls einige Male Pendeldeviationen (sinuskurven-ähnliche Aufzeichnungen) bei unseren Versuchen beobachtet, wie sie von J u n g, M c H o n e y, K o r n h u b e r und W a l d e c k e r meist nur bei geschlossenen Augen festgestellt wurden (8). Die Erfahrung von K o r n h u b e r, daß Pendeldeviationen auch vorwiegend nach Ermüdung auftreten, kann D e c h e r nicht bestätigen. Von einer Vp. möchte ich berichten, daß bei ihr ebenfalls sinuskurvenähnliche, langsame Augen-deviationen aufgezeichnet wurden, es trat aber kein Nystagmus auf. Als wir die Vp. spontan während der Beschleunigungsdrehung ansprachen, trat der gesuchte Nystagmus ganz abrupt auf. Dieses eindrucksvolle Ereignis

deuteten wir dahin, daß die Vp. auf dem Drehstuhl mit ihren Gedanken abwesend war oder die Eintönigkeit der Drehung und die Dunkelheit sie ermüdet hatten.

Vergleicht man die rechten und linken Schwellenwerte miteinander (siehe Tabellen im Anhang), so zeigen die Nr. 10, 16, 31, 33 eine Differenz zwischen rechtem und linkem Wert, die größer ist als $0,2^{\circ}/\text{sec}^2$. Ähnliche Beobachtungen hat M i t t e r m a i e r 1938 schon gemacht und glaubte, daß entweder eine einseitige periphere Gleichgewichtsschädigung oder ein Nystagmus überwiegen - das zentralen oder peripheren Ursprungs sei - vorliege (27). Wir kommen später noch darauf zurück.

Die unterschiedlichen Werte, welche für den perrotatorischen Nystagmus als Drehreizschwelle gefunden wurden, lassen den Schluß zu, daß es sich hier nicht um eine biologische Konstante handeln kann. M o n t a n d o n, R u s s b a c h und F u m e a u x vertreten die Ansicht der biologischen Schwelle. M i t t e r m a i e r und J o n g k e e s sind jedoch der Meinung, wie bereits erwähnt, daß die gefundenen Schwellenwerte sowohl von der Untersuchungsmethodik als auch von der verwandten Apparatur abhängen. E k, J o n g k e e s und K l i j n sprechen bei dem Schwellenwert sogar von der "psychologischen Schwelle" (8). Mit diesem Ausdruck soll klar gemacht werden, daß alle Schwankungen der Werte individuell sind und von psychischen Momenten (Erregung, Angst) hervorgerufen werden. Wir vertreten auch die Auffassung, daß die Psyche in gewisser Weise die Schwellenwerte beeinflußt, deshalb waren wir stets bestrebt, den Vp. irgendwelche bestehenden Ängste zu nehmen. Trotzdem machten wir folgende Beobachtung: Bei nervösen Vp. traten niedrige, bei den mehr phlegmatischen Typen dagegen höhere Schwellenwerte auf.

Heute vertreten M i t t e r m a i e r und R o s e n b e r g die Meinung, daß sich der perrotatorische Nystagmus durch größere Genauigkeit und Gleichmäßigkeit gegenüber dem postrotatorischen Nystagmus auszeichnet. Der postrotatorische Nystagmus, den wir auch bestimmten, stand ja viele Jahre vor der Schwellenwertsbestimmung im Mittelpunkt der Nystagmographie.

Die Bestimmung des postrotatorischen Nystagmus.

In einer Schrift von B a c h aus dem Jahre 1894 wird u.a. über den postrotatorischen Nystagmus berichtet. B a c h betrachtete die Dauer des Nystagmus als eine Funktion, welche von dem Temperament der Vp. abhängt. Eine lange Dauer beobachtete er bei sensiblen, nervösen, psychoneurotischen Individuen, eine kurze Dauer bei Dummen und phlegmatischen Typen (1).

Ähnliche Ergebnisse fand 1934 M o w r e r, allerdings bei Tauben. In seinem Artikel: "Influence of Excitement" berichtet er über seine Rotationsversuche. Er hatte zwei Gruppen von Tauben, von denen die erste Gruppe gerade geschlafen hatte und sich also in einem Stadium der Unerregbarkeit befand. Die zweite Gruppe Tauben hatte vorher nicht geschlafen und befand sich im Zustand der Erregung. Er fand nur eine längere Dauer des postrotatorischen Nystagmus bei den erregten (ohne vorherigen Schlaf) gegenüber den unerregten Tauben (46).

B á r á n y machte 1906/07 seine klassischen rotatorischen Prüfungen an einem manuell zu bedienenden Drehstuhl mit 10 Umdrehungen in 20 Sekunden bei abruptem Andrehen und plötzlichem Stop. Beim plötzlichen Stop beobachtete er einen Nystagmus entgegengesetzt der Drehungsrichtung. Er nannte ihn den "Nachnystagmus". Dieser Nachnystagmus hört plötzlich auf, die Augen verbleiben nur wenige Sekunden in Ruhe und beginnen dann einen sehr kleinschlägigen, unregelmäßigen und nicht sehr raschen Nystagmus in der ursprünglichen Drehungsrichtung. Von B á r á n y wird dieser Nystagmus "Nachnachnystagmus" genannt. Seiner Auffassung nach dauert er oft über eine Minute, beschränkt sich nur auf wenige Zyklen, und man müßte schon genauer aufpassen, damit man ihn nicht übersieht. B á r á n y glaubte, daß dieser Nachnachnystagmus zentralen Ursprungs sei (3).

B á r á n y empfahl auf Grund seiner Experimente bei rotatorischen Drehprüfungen eine Winkelgeschwindigkeit von 180° für die Methode der Wahl. Unter diesen Bedingungen fand er nämlich die Dauer des Nachnystagmus am größten. Sowohl bei einer größeren als auch bei einer kleineren Anzahl von Umdrehungen sei die Dauer geringer. Die Dauer variierte bei ihm zwischen 10 und 40 Sekunden. Nach Links-Drehung sei sie allgemein größer (41 Sekunden) als bei Rechts-Drehung (39 Sekunden). Differenzen zwischen beiden Seiten sollen allgemein 8 - 21 Sekunden betragen (56).

Seit B á r á n y wurde der Drehnachnystagmus in der Klinik zu diagnostischen Zwecken durchgeführt. Die Untersuchungen nach 1906/07 gingen in die Tausende. Die quantitativen Zahlen über den Drehnachnystagmus waren bei den einzelnen Autoren außerordentlich verschieden. Überraschenderweise hatte man sich keine Gedanken über die Gründe der Unstimmigkeiten gemacht. Eine Reihe Autoren versuchte, Verbesserungen der Methodik einzuführen, aber offensichtlich gingen alle Bestrebungen nicht den rechten Weg.

1914 verwendete B o e t e r s das Otagoniometer von B r ü n i n g und fand bei Abduktion der Augen von 50° einen Durchschnittswert von 29 Sekunden für den Nachnystagmus nach Links-Drehung und 30 Sekunden nach Rechts-Drehung (56).

1919 fand S t r e i t einen Durchschnittswert von 30 Sekunden. Auch von H o l s o p p l e und G r a h e wurden Untersuchungen durchgeführt in den zwanziger Jahren bei über 2000 amerikanischen Soldaten und ein Mittelwert für den Nachnystagmus von 22 - 23 Sekunden errechnet. Nach Links-Drehung überwog die Dauer etwas.

1926 testete M a l a n über 11000 italienische Soldaten im Alter von 19 bis 30 Jahren. Auch von ihm wurde die übliche B á r á n y - sche Methode angewandt. Von diesen 11000 Vp. hatten fünf keinen Nachnystagmus, 10 % zeigten eine Dauer von weniger als 15 Sekunden, 83 % von 15 - 30 Sekunden und 7 % mehr als 30 Sekunden (56).

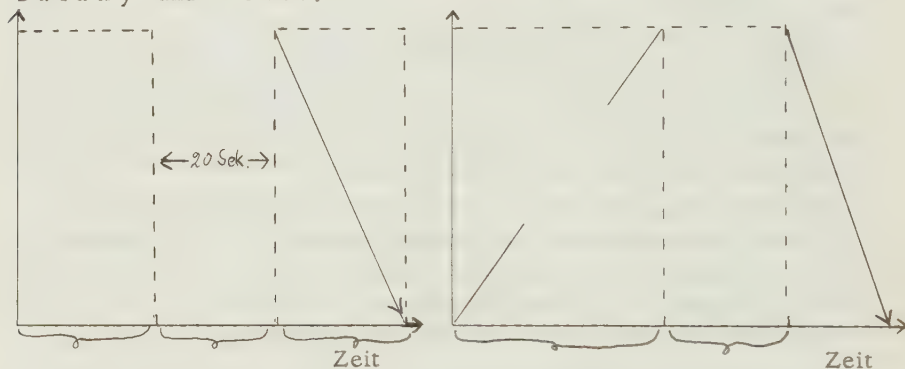
Wie aus den vergleichenden Ergebnissen hervorgeht, sind die Streuungen doch recht erheblich und die Untersuchungsergebnisse nicht ohne weiteres zu verwerten. B u y s prägte 1925 den Namen Postrotatorischer Nystagmus I für den Nachnystagmus und Postrotatorischer Nystagmus II für den Nachnachnystagmus (56).

Erstmals 1928 trat ein Wendepunkt ein, als V e i t s, B u y s und F i s c h e r eine neue Drehmethode vorschlugen: Die Anfangsbeschleunigung zum postrotatorischen Nystagmus sollte möglichst unschwellig gehalten werden, so daß kein perrotatorischer Nystagmus auftritt. Nach der damaligen Ansicht ist dieser Vorgang dann erreicht, wenn die Anfangsbeschleunigung des Stuhls unter $2^{\circ}/\text{sec}^2$ liegt. Die Zeit der Anfangsbeschleunigung, sowie anschließender gleichmäßiger Rotation spielte keine Rolle, denn die Vp. war gegenüber von früher nur einem einzigen Reiz unterworfen, nämlich dem Stop der Drehbewegung. Für die klinische Untersuchung des postrotatorischen Nystagmus ist deshalb oberstes Gebot, Anfangsbeschleunigung, und Endverzögerung so zu trennen, daß Interferenzerscheinungen unmöglich sind. Dies wird allein dadurch erreicht, daß

die Anfangsbeschleunigung unerschwellig ist und bei Erreichen der Endgeschwindigkeit für kurze Zeit vollkommen gleichbleibend weitergedreht wird (24).

W o l e t z, der Im Gegensatz zu V e i t s keinen mit Handantrieb versehenen Drehstuhl verwandte, sondern die ersten Versuche am Apparat von T ö n n i e s ausführte, fand als Ergebnis für die Dauer des postrotatorischen Nystagmus 1 28,4 Sekunden und für die Schlagzahl 47. Bei der Dauer fand er keinen Unterschied zwischen rechts und links, aber bei der Schlagzahl. Zwischen Rechts- und Links-Drehung wurde ein Zeitintervall von 4 Stunden gelegt (56).

Graphische Darstellung der beiden Beschleunigungstypen zur Zeit von B á r á n y und V e i t s:



Anfangs-
beschleu-
nigung
1. Reiz

konst.
Dreh-
zeit

End-
ver-
zögerung
2. Reiz

unterschwellige
Anlaufbe-
schleunigung,
ca. 3 Min.

konst.
Dreh-
zeit

B á r á n y: 1906/07

V e i t s: 1931

1937 Ergaben systematische Reihenuntersuchungen, die von M i t t e r m a i e r durchgeführt wurden, folgendes: Dauer und Schlagzahl des postrotatorischen Nystagmus nehmen nicht in gleicher Weise entsprechend der wachsenden Drehgeschwindigkeit, aus der abgestoppt wird, zu. Der Stopreiz aus einer Drehgeschwindigkeit von $180^{\circ}/\text{sec}$ kann gelegentlich Erregbarkeitsdifferenzen eher verdecken als aufzeigen. Bei der Winkelgeschwindigkeit von $30 - 90^{\circ}/\text{sec}$ besteht eine lineare Proportionalität zwischen Reizstärke und Reizeffekt. Diese mathematische Beziehung zwischen physikalischem Reiz und biologischer Antwort zeigt, daß der Vestibular-

apparat hier seinen optimalen Arbeitsbereich besitzen muß (49). Auch fiel der ungleichmäßige Ausfall des Nachnystagmus auf. Nach Pfeiffer hängt dies allein von der Größe der Beschleunigung ab (26). Mittermaier bestätigte das Ergebnis von Pfeiffer durch eine Reihe von Versuchen. Er beobachtete ungeheuer große Streuungen von Dauer und Schlagzahl des postrotatorischen Nystagmus I bei anwachsenden Beschleunigungen von $1 - 4^{\circ}/\text{sec}^2$. Es ist also der Schluß zu ziehen, daß die verschiedenen Stärken des Nystagmus nur dann auftreten, wenn die Beschleunigung des Andrehens überschwellig gewesen ist (33). Mittermaier führt noch einen weiteren Grund an, mit geringen Beschleunigungen zu arbeiten: es kommt nämlich zu weniger unangenehmen subjektiven Erscheinungen. Bei ruckartigen Drehreizen entstehen neben vestibulären auch vegetative Störungen (33). Zwischen der Rechts- und Links-Drehung empfiehlt Mittermaier eine halbstündige Pause.

Der postrotatorische Nystagmus wurde von uns nach der von Mittermaier und Rossberg angegebenen Versuchsanordnung durchgeführt: unterschwelliges Andrehen mit $0,3^{\circ}/\text{sec}^2$ auf die Endgeschwindigkeit von $60^{\circ}/\text{sec}$, 20 Sekunden konstantes Nachdrehen und dann abstoppen. Zwischen den beiden Drehprüfungen nach rechts und links legten wir jeweils eine Pause von einer halben Stunde ein. Wir sorgten dafür, daß während dieser Zeit die Vp. keine reichhaltigen Mahlzeiten einnahmen und nicht rauchten. Außerdem durften sie keine größeren Strecken im Laufschrift zurücklegen. Nach Mittermaier sollen alle diese Faktoren Fehlerquellen sein (26).

Unsere Ergebnisse über den Postrotatorischen Nystagmus I.

Wir bestimmten bei den 49 Vp.:

- a) die Dauer des Postrotatorischen Nystagmus I,
- b) die Anzahl der Nystagmus-Schläge,
- c) die Gesamtamplitude,
- d) die mittlere Amplitude und
- e) die Frequenz.

Wir berechneten die Mittelwerte und erhielten für das rechte und linke Labyrinth:

	rechtes Labyrinth	linkes Labyrinth
Dauer	36, 12 Sek.	41, 7 Sek
Anzahl	41, 3	41, 0
Gesamtamplitude	214, 3 	198, 4 
mittlere Amplitude	4, 25 	4, 54 
Frequenz	1, 13	1, 05

Während bei unseren Ergebnissen die Dauer des Postrotat. I zwischen rechtem und linkem Labyrinth nur eine geringe Differenz von 5, 6 Sekunden aufweist, ist die Anzahl der Nystagmus-Schläge beiderseits gleich. Die Gesamtamplitude, welche durch das rechte Labyrinth verursacht wird, liegt um 15, 9  höher als die der anderen Seite. Die einzelnen Werte der Dauer liegen bei uns zwischen 12 und 83, 4 Sekunden. Eine Vp. (Nr. 28) zeigt sogar keinen postrotatorischen Nystagmus nach Links-Drehung; die Kurve zeigt hier einen sinuskurvenartigen Verlauf auf. Vermutlich liegt hierbei ein zentraler Dämpfungs oder Ermüdungsfaktor vor. Ein Fehler in der technischen Ausführung ist nicht vorhanden. Die Anzahl der Nystagmus-Schläge schwankt bei uns zwischen 4 und 106. Es fielen uns auch personelle Variationen einiger Vp. auf. Die Ursache dieser unterschiedlichen Reaktion zwischen Rechts- und Links-Drehung können wir nur auf unterschiedliche Ansprechbarkeit des Rezeptionsapparates oder auf zentrale Asymmetrien zurückführen, wie auch W o l e t z meint (56). Wir fanden ebenfalls wie V e i t s (1931), daß "der Nystagmus nach den Langdrehungen so gut wie immer absolut rhythmisch und geschlossen ist" und ganz plötzlich ein Ende findet (56). Es tritt eine Pause ohne Nystagmus-Schläge auf und daran anschließend der feinschlägige Postrotatorius II, den B á r á n y Nachnystagmus nannte. Auf den Postrotatorius II komme ich später zurück.

Postrotatorischer Nystagmus I - Drehreizschwelle.

Wir verglichen den postrotatorischen Nystagmus mit der Drehreizschwelle und stellten fest, daß sie beide unter den gleichen physiologischen Bedingungen eine Antwort auf die Ansprechbarkeit des Rezeptionsapparates darstellen. Die Frage liegt deshalb nahe, ob zwischen dem postrotatorischen Nystagmus I und der Drehreizschwelle Beziehungen bestehen.

M o n t a n d o n hat sich mit dieser Frage vor einiger Zeit beschäftigt und berichtet 1957 über seine Eindrücke folgendes :

"Der postrotatorische Nystagmus nach plötzlichem Stop einer Drehungsgeschwindigkeit von $90^{\circ}/\text{sec}$, registriert unter stets identischen Bedingungen der Schalldichte und Dunkelheit, ergab Werte, die qualitativ mit den Schwellenwerten vergleichbar sind. Eine Schwellenwertserhöhung, einseitig oder beidseitig, korrespondiert stets mit einer Verkürzung der postrotatorischen Nystagmusdauer. Die Absolutwerte sind jedoch infolge der großen physiologischen Streubreite schwer auszuwerten" (45).

Es ist eindeutig, daß M o n t a n d o n zur Beantwortung dieser Frage seine eigenen subjektiven Eindrücke und Empfindungen schildert. Eine präzise Antwort ist damit bisher noch nicht gegeben worden.

Wir bemühten uns deshalb um eine objektive Beurteilung dieses Problems und versuchten, auf dem Wege der Statistik mit Hilfe unseres reichhaltig gewonnenen Zahlenmaterials eine Lösung zu finden. Im Gegensatz zu M o n t a n d o n untersuchten wir nicht nur, ob die Dauer des Postrotatorius I den Schwellenwert beeinflußt, sondern die gleiche Fragestellung galt auch für die Anzahl der Nystagmus-Schläge, die Gesamtamplitude, mittlere Amplitude und die Frequenz.

Zu allererst bereiteten wir uns Klarheit über die physiologischen Voraussetzungen. Ein Rechts-Nystagmus ist stets die Antwort auf einen Reiz des rechten Labyrinthes. Wir brachten daher die gefundenen Werte des rechten und linken Postrotatorius I mit den rechten bzw. linken Schwellenwerten in Beziehung. Als erstes zeichneten wir Diagramme auf, um allgemeine Streuungen der Werte festzustellen (siehe Diagramme im Anhang). Als unabhängige x - Variable wählten wir die Schwellenwerte, während wir die jeweiligen Werte für Dauer, Anzahl, Frequenz ... als abhängige y - Variable ansahen. Nacheinander trugen wir die Beziehungen auf zwischen :

x - Variabley - Variable

Schwelle	-	Anzahl
"	-	Dauer
"	-	Frequenz
"	-	Gesamtamplitude
"	-	mittlere Amplitude

Das geschah jeweils für die Rechts- und die Links-Werte. Bei unserer Aufgabenlösung gingen wir nach dem Schema der Korrelationsrechnung vor. Die Korrelationsanalyse beschäftigt sich mit der Abhängigkeit zweier zufälliger Variabler. Sie geht dabei von der Voraussetzung aus, daß die beiden zufälligen Variablen x und y eine verbundene zweidimensionale Normalverteilung haben, d.h. die Dichte ist gegeben durch eine Formel mit 5 Parametern, von denen der Parameter r als Korrelationskoeffizient bezeichnet wird.

Wir bestimmen zunächst für jeweils rechts und links :

$$\frac{\sum x}{x} = \frac{x}{n}$$

$$\frac{\sum y}{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\sum x^2$$

$$\sum y^2$$

$$\frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$\frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$s_1 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$s_2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

n = Anzahl der Vp.

Danach multiplizieren wir einzeln die gefundenen y - Werte mit dem jeweiligen Schwellenwert x der betreffenden Versuchsperson und bildeten die Summe :

$$\sum xy$$

$$\frac{\sum x \sum y}{n}$$

$$s_3 = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}$$

Der Korrelationskoeffizient r , der einen Parameter darstellt, kann alle Werte einnehmen, die zwischen (-1) und $(+1)$ liegen. Er wird berechnet durch die Formel :

$$r_{xy} = \frac{s_3}{\sqrt{s_1 \cdot s_2}}$$

Im Falle $r = 0$ haben wir eine stochastische Unabhängigkeit, im Falle $r = \pm 1$ eine funktionale Abhängigkeit zwischen x und y . Für alle anderen Werte von r besteht eine stochastische Abhängigkeit. Je weiter r von 0 entfernt ist, um so stärker ist die Abhängigkeit. Ein positives r läßt den Schluß zu, daß große Werte von y mit großen Werten von x verbunden sind = positive Korrelation; ein negatives r dagegen zeigt an, daß große Werte von y mit kleinen Werten von x verbunden sind = negative Korrelation (48).

Wir berechneten also zunächst die Korrelationskoeffizienten, um zu sehen, ob Abhängigkeiten bestehen. Für rechts (R) und links (L) errechneten wir folgende Korrelationskoeffizienten :

x = Schwellenwert

r_{xy}	R	L
y = Dauer	- 0,27	- 0,03
" = Anzahl	- 0,47	+ 0,44
" = Frequenz	- 0,27	- 0,41
" = Gesamtamplitude	- 0,36	- 0,36
" = Mittlere Amplitude	- 0,30	- 0,20

Alle Korrelationskoeffizienten, welche wir berechnet haben, tragen ein negatives Vorzeichen. Es liegt danach also eine negative Korrelation vor, was bedeutet : Je größer die Dauer, Anzahl, Frequenz ... um so kleiner ist der Schwellenwert. Damit scheint eine Abhängigkeit dieser 5 Größen zu dem betreffenden Schwellenwert offensichtlich zu sein. Die größte Abhängigkeit besteht bei der Anzahl und der Gesamtamplitude. Bei der

Dauer zeigen die beiden Korrelationskoeffizienten zwischen R und L eine relativ große Differenz.

Wir versuchten nun etwas Definitives über die Verlässlichkeit der gefundenen Werte der Korrelationskoeffizienten auszusagen, denn es wäre möglich, daß die Unterschiede zwischen R und L nicht echt, sondern zufällig aufgetreten seien. Wir berechneten den Wert t mit der Formel :

$$t = \frac{r \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} \quad n = \text{Anzahl der Vp.}$$

und stellten auf : Eine 5%ige Zufallswahrscheinlichkeit tritt ein, wenn $t > 2,01$ und der entsprechende Wert des Korrelationskoeffizienten (da n konstant bleibt) $r > 0,28$ ist.

Entsprechend liegt eine 1%ige Zufallswahrscheinlichkeit vor, wenn $t > 2,68$ und $r > 0,36$ ist.

Zufallswahrscheinlichkeit	t	r
5 %	$> 2,01$	$> 0,28$
1 %	$> 2,68$	$> 0,36$

D.h. also, die Werte der Korrelationskoeffizienten, welche größer sind als 0,28, sind auffällig und diejenigen, welche größer sind als 0,36, gelten als gesichert. Alle Werte, die kleiner sind als 0,28, sind danach nicht zu verwerten.

Wir verglichen unsere gefundenen Werte von r mit denjenigen der Zufallswahrscheinlichkeit und stellten fest, daß die beiden Werte für die Dauer nicht zu verwerten sind, ebenso der L-Wert der mittleren Amplitude und der R-Wert der Frequenz. Als auffällig zu bezeichnen ist der R-Wert der mittleren Amplitude, während die übrigen Werte als gesichert gelten.

Wir stellen also heraus : Die Werte für die Dauer und die mittlere Amplitude sind nicht zu verwerten, sie zeigen keine Abhängigkeit zum Schwellenwert. Zwischen der Anzahl, Frequenz und Gesamtamplitude sind offensichtlich Abhängigkeiten zum Schwellenwert nachzuweisen.

Wir fragten uns, in welchem Maße Anzahl, Frequenz und Gesamtamplitude von den Schwellenwerten abhängig sind.

Zur Beantwortung dieser Frage stellten wir die Regressionsgeraden auf mit der Formel :

$$y_R = \frac{s_3}{s_1} x + \frac{\sum y}{n} - \frac{s_3}{s_1} \cdot \frac{\sum x}{n} \quad n = \text{Anzahl der Vp.}$$

und erhielten folgende Geraden :

	R	L
Anzahl	$y_R = -46,01 x + 63,42$	$y_R = -43,58 x + 61,5$
Frequenz	$y_R = -0,59 x + 1,41$	$y_R = -0,91 x + 1,48$
Gesamtamplitude	$y_R = -352,3 x + 380$	$y_R = -303,2 x + 350$

Die Steilheit der jeweiligen Geraden können wir an dem Wert vor x, der Steigung, ablesen. Bei der Anzahl und Gesamtamplitude ist er bei L größer als bei R, bei der Frequenz ist er bei R größer als bei L.

Nachdem wir nun offensichtlich Abhängigkeiten zwischen den y-Werten für die Anzahl, Frequenz, Gesamtamplitude und den x-Werten für die Schwelle gefunden hatten, stellten wir folgende Überlegung an : Wäre es nicht möglich, daß zwischen x und y, welche miteinander korrelieren, kausale Beziehungen bestehen ?

Das bedeutete, der Wert der einen Variablen beeinflusst den Wert der anderen direkt. Die Korrelation kann auch darauf zurückzuführen sein, daß jedes der beiden Merkmale von einem dritten abhängt. Dadurch wäre die Korrelation zwischen x und y durch eine Änderung des dritten Merkmals bedingt. Diesen neuen Gesichtspunkt bezeichnet man als bedingte oder partielle Korrelation (48). Zu den beiden Variablen x und y gesellt sich jetzt die dritte Variable z hinzu.

Wir haben nunmehr eine dreidimensionale Normalverteilung. Der Korrelationskoeffizient dieser Verteilung heißt $r_{xy/z}$, wobei er von dem speziellen Wert von z unabhängig ist. $r_{xy/z}$ ist also das adäquate Maß für den direkten Zusammenhang zwischen x und y, wenn z konstant gehalten wird. Wie oben definiert, wird $r_{xy/z}$ bedingter oder partieller Korrelationskoeffizient zwischen x und y genannt. Zwischen dem bedingten und

den gewöhnlichen Korrelationskoeffizienten bestehen ganz einfache Beziehungen :

$$r_{xy/z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}} \quad z = \text{konst.}$$

Da zwischen der Anzahl der Nystagmus-Schläge und dem Schwellenwert die größte Abhängigkeit besteht, wählten wir als z stets die Anzahl. Wir bestimmten also zunächst einmal die Korrelationskoeffizienten r_{yz} , wobei wir für y nacheinander die Werte einsetzten für : Dauer, Frequenz, Gesamtamplitude, mittlere Amplitude und für z die Anzahl.

Wir erhielten folgende Korrelationskoeffizienten :

z = Anzahl

r_{yx}	R	L
y = Dauer	0,56	0,52
y = Frequenz	0,70	0,56
y = Gesamtamplitude	0,75	0,67
y = mittlere Amplitude	0,43	0,21

Es bestehen also zwischen y und z positive Korrelationen, d.h. mit steigendem z nehmen auch die y-Werte zu. Uns sind jetzt also für die jeweiligen y-Variablen die Korrelationskoeffizienten bekannt : r_{xy} , r_{xz} , r_{yz}

Nun können wir die Werte einsetzen zur Berechnung des partiellen Korrelationskoeffizienten $r_{xy/z}$, wobei z die Anzahl ist und konstant gehalten wird. Es ergaben sich folgende Werte :

z = Anzahl x = Schwelle

$r_{x y/z}$	R	L
y = Dauer	- 0,01	0,26
y = Frequenz	0,09	- 0,22
y = Gesamtamplitude	- 0,01	- 0,09
y = mittlere Amplitude	- 0,13	- 0,12

Die Werte liegen alle bei 0. Bei der Frequenz ist jeweils nur ein Wert mit negativem Vorzeichen vorhanden.

Aus diesen Ergebnissen können wir schließen, daß die Werte zu gering sind, um eine bestehende Abhängigkeit zwischen x und y bei konstantem z auszudrücken. x und y korrelieren unter Ausschluß von z nicht miteinander.

Gehen wir noch einen Schritt weiter und bestimmen auch die partiellen Korrelationen von $r_{yz/x}$ und $r_{xy/y}$; wir halten einmal x und einmal y konstant.

Die entsprechenden Formeln dafür lauten:

$$r_{yz/x} = \frac{r_{yz} - r_{xz} \cdot r_{yx}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yx}^2)}} \quad r_{xz/y} = \frac{r_{xz} - r_{xy} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2)(1 - r_{yz}^2)}}$$

x = konst. y = konst.

Die partiellen Korrelationskoeffizienten $r_{yz/x}$ betragen für die verschiedenen y - Werte bei konstantem x:

z = Anzahl x = Schwelle

$r_{yz/x}$	R	L
y = Dauer	0,51	0,56
y = Frequenz	0,68	0,94
y = Gesamtamplitude	0,71	0,45
y = mittlere Amplitude	0,34	0,14

Zwischen y und z liegen bei konstantem x positive Korrelationen vor.

Bestimmung von $r_{xz/y}$:

z = Anzahl x = Schwelle

$r_{xz/y}$	R	L
y = Dauer	- 0,42	- 0,30
y = Frequenz	- 0,41	- 0,28
y = Gesamtamplitude	- 0,32	- 0,29
y = mittlere Amplitude	- 0,39	- 0,42

Zwischen x und z liegt eine negative Korrelation vor bei konstantem y.

Zur besseren Übersicht haben wir die Beziehungen zwischen x - y - z in Dreiecksform dargestellt (siehe graph. Darstellungen im Anhang). Die im Dreieck aufgezeichneten Zahlen stellen die gewöhnlichen Korrelationskoeffizienten dar, also r_{xy} , r_{xz} , r_{yz} .

Die außerhalb des Dreiecks befindlichen Zahlen sind die partiellen Korrelationskoeffizienten : $r_{xy/z}$, $r_{xz/y}$, $r_{yz/x}$.

Ergebnisse zur Frage der Beziehungen der Drehreizschwelle zu der rotatorischen Labyrinthregbarkeit.

Die Ergebnisse, welche wir gefunden haben, sind recht interessant.

Danach steht die Schwelle in direkter Beziehung zur Anzahl der Nystagmus-Schläge, ja, sie prägt ohne Berücksichtigung anderer Faktoren die Anzahl primär, und zwar in dem Sinne, daß bei Zunahme des Schwellenwertes die Anzahl kleiner wird.

Als "andere Faktoren" sind hier anzuführen : Dauer, Frequenz, Gesamtamplitude und mittlere Amplitude, welche also keinen Einfluß auf die Anzahl der Nystagmus-Schläge haben. Die Anzahl wird direkt von dem Schwellenwert beeinflusst. In der zweidimensionalen Normalverteilung sehen wir nach der Betrachtung der Zufallswahrscheinlichkeit eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Schwelle und der Anzahl, Frequenz und Gesamtamplitude. Die Werte für die Dauer und die mittlere Amplitude sind weder gesichert noch auffällig und daher nicht zu verwerten.

Wir versuchten, die Anzahl als eventuell beeinflussenden Faktor auszuschalten und gingen über in eine dreidimensionale Normalverteilung. Danach ergibt sich keine Abhängigkeit mehr zwischen der Schwelle und der Frequenz und Gesamtamplitude. Eine Abhängigkeit in der ersten Normalverteilung kommt nur dadurch zustande, daß x und y von Frequenz und Gesamtamplitude unter dem Einfluß der bedingten Korrelation, der Anzahl, stehen.

Die vier Faktoren (Dauer, Frequenz, Gesamtamplitude und mittlere Amplitude) werden primär von der Anzahl geprägt und beeinflusst, und

sekundär stehen die Frequenz und Gesamtamplitude über die Anzahl in Verbindung zur Schwelle.

Mit zunehmender Anzahl werden ebenfalls die Dauer, Frequenz, Gesamtamplitude und mittlere Amplitude größer, was bei einem kleinen Schwellenwert der Fall ist.

Die Meinung von Montandon, eine Schwellenwerterhöhung korrespondiere stets mit einer Verkürzung der Dauer, können wir nicht bestätigen. Wie wir gesehen haben, sind die gefundenen Werte der Korrelationskoeffizienten für die Dauer in der zweidimensionalen Normalverteilung so klein, daß sie nicht gesichert und damit also nicht zu verwerten sind. Eine Abhängigkeit zwischen der Schwelle wird bei uns nicht sichtbar bezüglich der Dauer, vielmehr steht die Dauer und auch die mittlere Amplitude bei uns in Abhängigkeit von der Anzahl. Die Dauer ist also offensichtlich kein sicheres Kriterium zur Beurteilung der Schwellenwerte.

So kann es z.B. vorkommen, daß die jeweilige Dauer des Postrotatorius I von zwei verschiedenen Schwellenwerten gleich groß ist, jedoch tritt eine erhebliche Differenz in der Anzahl der Nystagmus-Schläge auf. Erst anhand der Größe der Anzahl kann man endgültig beurteilen, ob ein hoher oder niedriger Schwellenwert vorliegt.

In unserer Versuchsreihe beobachteten wir bei den meisten Personen, daß niedrige Schwellenwerte mit einer heftigen Reaktion, großer Anzahl und großer Amplitude, welche allmählich kleiner wurde, verbunden war.

Bei hohen Schwellenwerten sahen wir dagegen eine geringere Reaktion; die einzelnen Schläge waren zeitlich auseinandergezogen, die Dauer war aber nicht immer verkürzt.

Kurz zusammengefaßt haben wir bei unseren Auswertungen folgende Ergebnisse gefunden :

1. Die Drehreizschwelle steht in Beziehung zur Anzahl, Frequenz und Gesamtamplitude.
2. Zwischen Anzahl und Drehreizschwelle besteht eine direkte Beziehung, und zwar in dem Sinne, daß die Anzahl vom Schwellenwert abhängig ist.
3. Zwischen Frequenz und Gesamtamplitude besteht nur eine indirekte Beziehung zum Schwellenwert, und zwar unter dem Einfluß der Anzahl.
4. Zwischen Dauer und mittlerer Amplitude besteht gar keine Beziehung zum Schwellenwert. Sie stehen nur in Abhängigkeit von der Anzahl.

Außer dem Postrotatorius I werteten wir auch den Postrotatorius II aus (siehe Anhang). Von Bárány wurde er Nachnystagmus genannt und von ihm nur in Ausnahmefällen beobachtet. Die Charakteristika : Regelmäßigkeit, Rhythmik, gute Beobachtbarkeit, welche für den Postrotatorius I gelten, stimmen nur in Ausnahmefällen mit dem Postrotatorius II überein.

Stets dauert es einige Zeit, bis der Postrotatorius II zu seiner vollen Ausprägung kommt. Das Ende ist meist nicht so scharf abgegrenzt wie beim Postrotatorius I. Er klingt langsamer aus, die Amplitude wird geringer und die Zwischenpausen werden größer. Er ist durchweg feinschlägiger und steht in einzelnen Gruppen zueinander. Veits und Woletz haben als erste diese Gruppierung beobachtet (56).

Woletz führte 1933 systematisch Untersuchungen durch, beschleunigte auf $180^{\circ}/\text{sec}$ und fand hier jedesmal einen postrotatorischen Nystagmus II. Als Mittelwert für die Dauer fand er 65 Sekunden und für die Schlagzahl 36,7 (56). Er erkannte, daß bereits Unterschiede zwischen den beiden postrotatorischen Nystagmus I nach Rechts- oder Linksdrehung noch deutlicher in Erscheinung treten beim postrotatorischen Nystagmus II (24). Über den Ursprung des postrotatorischen Nystagmus II sagt Mittermaier :

"Zu dem Zeitpunkt, wo diese Phasen auftreten, ist das periphere Organ sicher schon längst wieder zur Ruhe gekommen. Als auslösendes Moment für die 1. Phase (Postrotat. Nystagmus I) nehmen wir eine durch das plötzliche Anhalten hervorgerufene ampullopetale Strömung oder Druckverschiebung im horizontalen Bogengang an. Daß die 2. Phase (Postrotat. Nystagmus II) nun etwa durch eine entsprechende Gegenwelle, die unmittelbar vor dem Auftreten des nun folgenden Nystagmus vorhanden gewesen wäre, ist einfach unvorstellbar. Vielmehr müssen wir in diesen verschiedenen Phasen das Bild des zentralen Ablaufs einer einmaligen in der Peripherie wirksam gewesenen Erregung sehen. Das ist auch die Erklärung aller Autoren, die sich bisher mit diesen Erscheinungen befaßt haben : Buys, Fischer, Veits, Woletz" (27).

Wir finden also Bárány's Vermutung - der postrotatorische Nystagmus sei nur zentral zu erklären - mit der Aussage von Mittermaier bestätigt.

Nach Mittermaier tritt normalerweise regelmäßig ein postrotatorischer Nystagmus II auf bei der Endgeschwindigkeit von $180^{\circ}/\text{sec}$, bei $60^{\circ}/\text{sec}$ sei dieses meistens nicht der Fall (27). Bei unseren Versuchen beobachteten wir bei 2 Vp. keinen postrotatorischen Nystagmus II, bei 13 weiteren Vp. fehlte er entweder nach Rechts- oder Links-Drehung

Wir errechneten aus unserer Versuchsreihe folgende Mittelwerte für den Postrotatorischen Nystagmus II :

	R	L
Dauer	50,3 Sek.	58,8 Sek.
Anzahl	12,5	17,4
Gesamtamplitude	48,4 $\times^0$	39,7 $\times^0$

Vergleichen wir diese Werte mit denen des postrotatorischen Nystagmus I, so ist die geringe Anzahl der Nystagmus-Schläge auf eine längere Zeitdauer verteilt. Die Gesamtamplituden als Maß für die Erregungsstärken sind erheblich geringer als die des postrotatorischen Nystagmus I.

Unsere größten Werte für die Dauer betrugen 210 und 224 Sekunden. W o l e t z hatte schon beschrieben, daß eine Dauer von 3-4-5 Minuten vorkommen kann. Unsere Ergebnisse sind daher nicht verwunderlich. Die zeitliche Abgrenzung des postrotatorischen Nystagmus II bereitetete des öfteren Schwierigkeiten. Eine Pause von 10 - 15 Sekunden werteten wir stets als Ende des Erregungsablaufs.

Ausführungen über das Nystagmusüberwiegen.

Wie schon erwähnt, zeigen vier Vp. eine Differenz zwischen ihrem rechten und linken Schwellenwert, welche größer ist als $0,2^0/\text{sec}^2$. Danach liegt ein Nystagmusüberwiegen vor, das peripheren oder zentralen Ursprungs ist. Im letzteren Falle müssen in erster Linie diejenigen Nystagmusphasen beeinflusst werden, welche rein zentraler Natur sind.

Wie B á r á n y vor etwa 60 Jahren vermutete und M i t t e r m a i e r bestätigte, ist die Phase des postrotatorischen Nystagmus II nur auf Grund zentraler Vorgänge zu erklären. Deshalb muß diese Phase bei einem zentralen Geschehen am intensivsten betroffen sein. Für die 4 Vp. Nr. 10, 16, 31, 33, von denen nach den Schwellenwerten Nr. 10 und 16 Nystagmusbereitschaft nach rechts und Nr. 31 und 33 nach links aufweisen, erhielten wir folgende Werte für den postrotatorischen Nystagmus II :

	R				L			
Nr. der Vp.	10	16	31	33	10	16	31	33
Dauer	63,4	158,4	-	57,8	59,4	50	119	91,2
Anzahl	28	41	-	13	9	8	48	33
Gesamt-amplitude	99	138	-	20	17	14	106	69

Die unterschiedliche Reaktion zwischen rechts und links, welche sich am deutlichsten in der Anzahl manifestiert, zeigt ganz offensichtlich, daß bei den Vp. Nr. 10 und 16 eine Nystagmusbereitschaft nach rechts, bei Nr. 31 und 33 eine Nystagmusbereitschaft nach links vorliegt. Bei Nr. 31 ist der rechte Postrotatorius II nicht zu beobachten. Die Anzahl vom linken Postrotatorius II liegt in diesem Falle aber um 7 Nystagmus-Schläge höher als die des rechten Postrotatorius I, der allgemein eine stärkere Reaktion aufzeigt als der Postrotatorius II.

Wie W o l e t z ausführte, soll eine zentrale Tonusdifferenz in gewisser Weise auch den postrotatorischen Nystagmus I beeinflussen, jedoch treten die Unterschiede nicht so offensichtlich zutage, da ja der postrotatorische Nystagmus I nach den physiologischen Voraussetzungen eine Antwort auf einen Reiz des peripheren Gleichgewichtsorgans darstellt (56). Für die Vp. Nr. 10, 16, 31, 33 fanden wir folgende Werte für den Postrotatorius I :

	R				L			
Nr. der Vp.	10	16	31	33	10	16	31	33
Dauer	45,6	48,2	42,4	26,0	33,6	28,0	65,8	27,2
Anzahl	49	33	41	42	25	28	81	26
Gesamt-amplitude	178	183	212	206	108	175	234	81

Bei Nr. 10 und 16 machen sich geringe Differenzen bemerkbar, welche auf ein Überwiegen der rechten Seite hindeuten, Nr. 31 zeigt ein Über-

wiegen auf der linken Seite an. Nur bei Nr. 33, bei der wir ein Nystagmusüberwiegen nach links festgestellt haben, sind die Werte des linken Postrotatorius I niedriger als die des rechten, was besonders die Anzahl und die Gesamtamplitude betrifft. Aus dieser Erscheinung können wir den Schluß ziehen, daß wir auf Grund der vorliegenden Ergebnisse für den Postrotatorius I niemals auf eine zentrale Tonusdifferenz schließen dürfen. Die Differenzen zwischen rechts und links sind gering und treten also nicht mit der Deutlichkeit hervor, wie es bei dem Postrotatorius II der Fall ist; ja es kann, wie hier im Falle Nr. 33, eine Nystagmusneigung zur entgegengesetzten Seite vorgetäuscht werden. Es ist deshalb unbedingt erforderlich, zur Beurteilung der zentralen Tonusdifferenz stets den Postrotatorius II zu betrachten.

Bei der Durchsicht der Werte des Postrotatorius zwischen rechts und links fanden wir bei 5 weiteren Vp. erhebliche Differenzen zwischen rechts und links. Es sind dies die Vp. Nr. 5, 7, 15, 17, 30. Für diese 5 Vp. erhielten wir folgende Werte für den Postrotatorius II :

	R					L				
Nr. der Vp.	5	7	15	17	30	5	7	15	17	30
Dauer	-	210,4	77,2	12	-	102,4	16,7	-	170	224,2
Anzahl	-	64	50	3	-	56	4	-	86	51
Gesamtamplitude	-	336,9	144,7	2,6	-	112	11,6	-	132,9	181,6

Die Schwellenwerte dieser Vp. sind :

	R	L
Nr. 5	0,2	0,2
Nr. 7	0,2	0,4
Nr. 15	0,3	0,4
Nr. 17	0,4	0,3
Nr. 30	0,6	0,5

Nach unserer ersten Tabelle weisen die Vp. Nr. 5, 17, 30 in ihren Werten vom Postrotatorius II eine deutliche Nystagmusneigung nach links auf, die Vp. Nr. 7 und 15 eine Nystagmusneigung nach rechts.

Diese Nystagmusneigungen zeigen sich jedoch nicht deutlich in den zugehörigen Schwellenwerten. Die Differenz der Schwellenwerte bei Nr. 7 beträgt $0,2^{\circ}/\text{sec}^2$, in den Fällen Nr. 15, 17, 30 treten jeweils Differenzen von $0,1^{\circ}/\text{sec}^2$ auf, und im Falle Nr. 5 finden wir keine Differenz: der rechte und linke Schwellenwert sind gleich.

Wir fragten uns, wie diese Erscheinung zu deuten sei: Es muß sich unserer Ansicht nach ebenfalls um zentrale Vorgänge handeln, die bei der Auswertung des Postrotatorius II deutlich in Erscheinung treten. Jedoch müssen sie der Art sein, daß sie beim Beantworten peripherer Reize überlagert werden und sich deshalb nicht in den Schwellenwerten manifestieren können.

Als endgültiges Ergebnis können wir herausstellen, daß eine zentrale Tonusdifferenz sich nicht offensichtlich in dem Schwellenwert wiederzuspiegeln braucht. Schon geringe Differenzen der Schwellenwerte können eine zentrale Tonusdifferenz beinhalten, welche sich in erster Linie in den unterschiedlichen Werten des Postrotatorius II offenbart.

Tonusdifferenzen beruhen unserer Ansicht nach auf zentralen Asymmetrien, deren Ausdruck im Postrotatorius II auch noch durch zusätzliche psychische Erregungen verstärkt aufgezeichnet werden kann. Diese Meinung wird auch von Decher vertreten. Ino und Takeyama haben experimentell ein zentrales Nystagmusüberwiegen erzeugt. Sie führten Versuche an Kaninchen durch, bei denen das Großhirn, Kleinhirn und der Hirnstamm zuerst einzeln und dann diese Hirnteile kombiniert zerstört wurden. Sie erhielten dabei folgende Ergebnisse: Die Cortex cerebri hemmt über das cortico - ponto - cerebellare System die Cortex cerebelli der Gegenseite, welche die Nuclei cerebelli (nucl. globosi und nucl. fastigii) der gleichen Seite beeinflußt, welche den Nucleus vestibularis der Gegenseite hemmen. Das obere Zentrum der Nystagmusreflexbahn, die aus dem Cortex cerebri zum peripheren Labyrinth führt, hemmt das untere Zentrum. Das Nystagmusüberwiegen entsteht dann durch die Rechts- Links- Tonusdifferenz der beiden Vestibularissysteme (16).

Die Pause des postrotatorischen Nystagmus soll abschließend noch kurz erwähnt werden. Zwischen dem Postrotatorius I und Postrotatorius II verharren die Augen kurze Zeit in Ruhe, was als Pause bezeichnet wird. Lange berichtet 1933, es gehe keinen absoluten Wert für die Pause (24). Er beobachtete kürzer werdende Pausen bei zunehmender Stärke des Postrotatorius II, was wir bestätigen können. Besonders fiel uns auf, daß die Pause bei stärker

ausgeprägtem Postrotatorius II besonders gut abgrenzbar war, weil meistens keine vorherige Deviation beobachtet wurde. Die Pause berechneten wir vom letzten Nystagmus-Schlag des Postrotatorius I bis zum ersten Nystagmus-Schlag des Postrotatorius II. Wir bestimmten die Durchschnittswerte und erhielten für die Pause vor dem linken Postrotatorius II (also nach Links-Drehung) 9,9 Sekunden, vor dem rechten Postrotatorius II (nach Rechts-Drehung) 10,8 Sekunden. Unsere Werte schwankten zwischen 2 - 38 Sekunden.

Wir glauben nicht, daß der Pause irgendwelche Bedeutung auf physiologischer oder klinischer Basis zukommt.

Trotz der zahlreichen Verfeinerungen in den Untersuchungsverfahren und in der ENG zur Vestibularisdiagnostik ist man jedoch noch nicht zu den Ergebnissen gekommen, die man sich erhofft hat. Es ist immer noch schwierig, eine einwandfreie Diagnose über die Lokalisation bei bestehenden Gleichgewichtsstörungen zu stellen. Besonders bei einer Schädigung des Labyrinths mit den drei Bogengängen, dem Sacculus und Utriculus können wir keine genaue Lokalisationsdiagnose stellen. Nicht zu Unrecht sind deshalb Stimmen laut geworden, die vor weiteren Komplizierungen warnen und darauf hinweisen, daß mit einfacheren Methoden die gleichen Ergebnisse gefunden werden. Es bleibt deshalb zu hoffen, einen Weg zu finden, der klinisch genauere Lokalisationsdiagnosen ermöglicht, als es bisher der Fall ist.

Zusammenfassung.

Im Herbst 1963 führten wir an dem elektronisch gesteuerten Drehstuhl von T ö n n i e s mit dem Zweifach-Nystagmograph vom Jahre 1961 unsere Versuchsreihe durch. Bei 49 ohrgesunden Vp. bestimmten wir den perrotatorischen und postrotatorischen Nystagmus zur Frage der Beziehung der Drehreizschwelle zu der rotatorischen Labyrinthregbarkeit. Unsere Vp. waren im Alter von 15 - 35 Jahren; wir erhielten ein Durchschnittsalter von 22,8 Jahren.

Bei der Versuchsdurchführung gingen wir nach der M o n t a n d o n'schen Methode vor und erhielten für die Drehreizschwelle die mittleren Werte von $0,48^{\circ}/\text{sec}^2$ für rechts und $0,47^{\circ}/\text{sec}^2$ für links. Anhand der unterschiedlichen Werte, welche für den perrotatorischen Nystagmus gefunden wurden, können wir schließen, daß die Drehreizschwelle keine biologische Konstante ist im Gegensatz zur Meinung von M o n t a n d o n, R u s s b a c h und F u m e a u x.

Der postrotatorische Nystagmus wurde von der nach M i t t e r m a i e r und R o s s b e r g angegebenen Methode bestimmt; unterschwelliges Andrehen mit $0,3^{\circ}/\text{sec}^2$ auf die Endgeschwindigkeit von $60^{\circ}/\text{sec}$, 20 Sekunden konstantes Nachdrehen und dann abstoppen. Zwischen beiden Drehungen nach rechts und links wurde eine halbstündige Pause eingelegt. Beim Postrotatorius I bestimmten wir: Dauer, Anzahl, Gesamtamplitude, mittlere Amplitude und Frequenz. Wir erhielten folgende mittlere Werte:

	rechtes Labyrinth	linkes Labyrinth
Dauer	36,12 Sek.	41,7 Sek.
Anzahl	41,4	41,0
Gesamtamplitude	214,3 K°	198,4 K°
mittlere Amplitude	4,25 K°	4,54 K°
Frequenz	1,13	1,05

Bei der statistischen Auswertung brachten wir die Werte des Postrotatorius I mit den zugehörigen Schwellenwerten in Beziehung und bestimmten mit Hilfe der Korrelationsrechnung die einfachen und die partiellen Korrelationskoeffizienten, ebenso die Zufallswahrscheinlichkeit für die Werte der einfachen Korrelationskoeffizienten und die Regressionsgeraden.

Wir kamen zu folgenden Ergebnissen :

1. Zwischen Drehreizschwelle, Anzahl, Frequenz und Gesamtamplitude bestehen Beziehungen.
2. Zwischen Anzahl und Drehreizschwelle gibt es eine direkte Beziehung. Es liegt ein Abhängigkeitsverhältnis vor : Die Anzahl wird vom Schwellenwert bestimmt.
3. Frequenz und Gesamtamplitude haben nur indirekte Beziehungen zum Schwellenwert. Sie stehen unter dem Einfluß der Anzahl.
4. Bei der Dauer und mittleren Amplitude ist keine Beziehung zum Schwellenwert nachweisbar. Sie sind nur von der Anzahl abhängig.

Bei der Auswertung des Postrotatorius II ergeben sich folgende mittlere Werte :

	R	L
Dauer	50,3 Sek.	58,8 Sek.
Anzahl	12,5	17,4
Gesamtamplitude	48,4 °	39,7 °

Bei 8 Vp. stellten wir eine zentrale Tonusdifferenz fest, die sich besonders in den unterschiedlichen Werten des Postrotatorius II offenbart. Davon zeigten 4 Vp. zwischen rechten und linkem Schwellenwert eine Differenz, die größer ist als $0,2^{\circ}/\text{sec}^2$. Eine zentrale Tonusdifferenz braucht sich nicht offensichtlich in dem Schwellenwert wiederzuspiegeln, sondern entscheidend dafür sind die zugehörigen Werte des Postrotatorius II.

Die Pause zwischen dem Postrotatorius I und II betrug im Durchschnitt 10,8 bzw. 9,9 Sek. Wir legten ihr keine Bedeutung bei.

Schwellenwerte von 49 Versuchspersonen

Name	Alter (Jahre)	R	L
1) Gertraud S.	22	0,20	0,20
2) Ute H.	23	0,20	0,20
3) Ulrich H.	15	0,20	0,20
4) Ingrid G.	16	0,20	0,20
5) Rainer H.	26	0,20	0,20
6) Jürgen D.	24	0,20	0,20
7) Edward G.	27	0,20	0,40
8) Eberhardt A.	24	0,20	0,40
9) Sigrid R.	24	0,20	0,40
10) Ursula K.	23	0,20	0,65
11) Christa K.	25	0,40	0,25
12) Rosemarie K.	24	0,45	0,35
13) Rudolf W.	23	0,30	0,30
14) Lothar K.	25	0,35	0,35
15) Ilse P.	26	0,30	0,40
16) Anneliese K.	19	0,30	0,60
17) Helga P.	24	0,40	0,30
18) Konrad L.	24	0,60	0,40
19) Fritz B.	25	0,60	0,40
20) Thomas M.	23	0,50	0,40
21) Kiril J.	35	0,50	0,40
22) Albrecht S.	25	0,40	0,40
23) Elke K.	23	0,40	0,40
24) Hartmuth K.	24	0,40	0,40
25) Hartmuth W.	18	0,40	0,40
26) Elisabeth L.	23	0,40	0,40
27) Roswitha Z.	23	0,40	0,40
28) Wolfgang S.	21	0,40	0,40
29) Helga B.	30	0,40	0,40
30) Peter M.	31	0,60	0,50
31) Adam R.	28	0,65	0,40
32) Joachim K.	27	0,70	0,50
33) Falk T.	20	0,80	0,40
34) Günter S.	15	0,65	0,50
35) Hannelore E.	24	0,40	0,60
36) Wilhelm E.	23	0,40	0,60

Name	Alter (Jahre)	R	L
37) Horst L.	28	0,55	0,50
38) Walter K.	23	0,40	0,50
39) Sieglinde W.	21	0,70	0,60
40) Lajos B.	23	0,50	0,60
41) Horst K.	20	0,50	0,70
42) Margot W.	23	0,60	0,60
43) Gerrit S.	18	0,65	0,60
44) Brigitte P.	23	0,60	0,80
45) Norbert Z.	24	0,80	0,80
46) Dieter K.	18	0,85	1,00
47) Henning S.	15	1,00	0,80
48) Dagmar D.	16	1,00	0,90
49) Dorothea S.	16	1,10	1,00

Werte vom Postrotatorischen Nystagmus I

Nr.

R

L

	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplit. °	mittlere Amplitu- de °	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de °	mittlere Amplitude °
1)	106	55,0	1,92	693	6,54	77	36,0	2,14	231	3,00
2)	49	53,2	0,92	272	5,55	29	46,2	0,63	407	14,02
3)	52	43,0	1,21	498	9,58	52	41,4	1,26	289	5,57
4)	69	51,2	1,35	772	11,19	88	83,4	1,05	705	8,01
5)	26	21,4	1,21	82	3,15	32	54,2	0,59	166	5,19
6)	38	46,3	0,82	61	1,61	36	49,6	0,73	40	1,11
7)	51	43,0	1,18	278	5,46	68	43,4	1,56	309	4,55
8)	79	47,0	1,61	461	5,84	61	42,4	1,44	586	9,61
9)	88	51,6	1,71	1115	12,67	60	51,4	1,17	420	7,00
10)	49	45,6	1,07	178	3,63	25	33,6	0,74	108	4,30
11)	38	44,8	0,85	93	2,45	62	61,6	1,01	234	3,77
12)	26	25,4	1,02	102	3,92	26	36,6	0,71	133	5,10
13)	54	36,0	1,50	238	4,53	51	46,0	1,11	337	6,61
14)	53	24,8	2,14	244	4,60	42	27,0	1,56	380	9,05
15)	67	41,2	1,38	282	4,21	35	18,6	1,88	95	2,70
16)	33	48,2	0,68	183	5,53	28	28,0	1,00	175	6,23
17)	43	23,0	1,87	128	2,98	47	36,0	1,31	100	2,13
18)	47	45,4	1,03	218	4,64	74	87,2	0,85	492	6,65
19)	34	20,0	1,70	92	2,71	44	34,0	1,29	184	4,17
20)	36	23,8	1,51	133	3,69	42	36,6	1,15	131	3,11
21)	69	42,0	1,64	109	1,58	35	48,6	0,72	71	2,03
22)	41	36,8	1,11	158	3,84	56	36,4	1,57	210	3,75

	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de	mittlere Amplitu- de	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de	mittlere Amplitude
23)	80	62,0	1,22	527	6,58	56	48,0	1,17	371	6,63
24)	27	47,2	0,57	79	2,92	19	34,0	0,56	80	4,21
25)	73	53,6	1,36	365	5,00	60	59,4	1,01	253	4,21
26)	56	34,2	1,63	111	1,98	31	26,2	1,18	65	2,10
27)	38	45,2	0,84	43	1,14	29	40,6	0,71	57	1,96
28)	-	-	-	-	-	23	12,4	1,85	57	2,46
29)	45	33,0	1,36	78	1,72	41	28,0	1,46	78	1,89
30)	38	31,0	1,23	342	8,99	49	47,4	1,03	643	13,13
31)	41	42,4	0,97	212	5,18	81	65,8	1,24	234	2,89
32)	48	32,0	1,50	139	2,89	35	40,0	1,88	103	2,93
33)	42	26,0	1,62	206	4,90	26	27,2	0,96	81	3,12
34)	28	44,0	0,64	387	13,82	40	35,0	1,14	439	10,96
35)	12	37,8	0,32	36	3,00	18	32,0	0,56	38	2,12
36)	14	16,6	0,84	61	4,36	15	17,2	0,87	40	2,67
37)	36	25,0	1,44	101	2,81	49	43,0	1,14	171	3,48
38)	38	24,0	1,58	98	2,57	55	47,0	1,17	159	2,89
39)	12	39,0	0,31	8	0,67	7	17,6	0,39	14	2,03
40)	59	29,8	1,98	125	2,11	80	43,6	1,88	209	2,61
41)	23	18,2	1,26	222	9,65	20	45,0	0,44	178	8,92
42)	10	12,0	0,83	23	2,30	25	21,6	1,11	48	1,92
43)	23	54,4	0,42	118	5,11	19	25,4	0,75	40	2,11
44)	4	18,6	0,21	6	1,50	10	62,6	0,16	10	1,00
45)	18	33,4	0,54	35	1,89	14	67,6	0,21	26	1,82
46)	51	54,0	0,94	610	11,96	45	66,6	0,67	206	4,57
47)	17	45,6	0,37	45	2,66	22	19,6	1,13	152	6,89
48)	22	20,0	1,10	41	1,85	47	46,4	1,01	87	1,85
49)	23	23,2	0,99	36	1,57	24	46,2	0,51	74	3,08

Werte vom Postrotatorischen Nystragmus II

Nr.	R					L				
	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de $\angle$	mittlere Amplitu- de $\angle$	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de $\angle$	mittlere Amplitude $\angle$
1)	15	122,0	0,12	42	2,80	16	59,0	0,27	37	2,31
2)	12	50,0	0,24	35	2,91	17	76,4	0,22	56	3,29
3)	25	74,2	0,34	191	7,64	18	58,2	0,31	83	4,62
4)	17	56,8	0,29	95	5,58	22	95,8	0,24	77	3,50
5)	-	-	-	-	-	56	102,4	0,21	112	2,00
6)	14	51,6	0,27	11	0,78	34	140,8	0,24	8	0,22
7)	64	210,4	0,30	337	5,26	4	16,7	0,25	12	3,00
8)	38	63,0	0,60	134	3,53	22	55,6	0,39	57	2,60
9)	16	73,4	0,22	44	2,75	16	61,4	0,26	63	3,94
10)	28	63,4	0,44	99	3,53	9	59,4	0,15	17	1,85
11)	17	29,2	0,58	47	2,76	26	45,8	0,55	39	1,49
12)	16	46,4	0,34	56	3,50	11	23,4	0,46	27	2,47
13)	-	-	-	-	-	25	118	0,21	51	2,03
14)	31	40,2	0,77	64	2,05	14	53,6	0,26	34	2,41
15)	50	77,2	0,64	145	2,90	-	-	-	-	-
16)	41	158,4	0,26	138	3,36	8	50	0,16	14	1,71
17)	3	12,0	0,25	3	1,00	86	170	0,51	133	1,55
18)	8	31,0	0,26	24	3,00	-	-	-	-	-
19)	-	-	-	-	-	15	59	0,25	40	2,67
20)	16	32,4	0,49	32	2,00	44	74	0,59	143	3,26
21)	-	-	-	-	-	16	57,6	0,27	26	1,63
22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23)	5	5	0,20	7	1,40	20	100	0,20	35	1,77
24)	25	101,4	0,24	176	7,04	13	83,2	0,15	44	3,35

Nr.	R					L				
	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de $\frac{\circ}{\times}$	mittlere Amplitu- de $\frac{\circ}{\times}$	Anzahl	Dauer (Sek)	Frequenz	Gesamt- amplitu- de $\frac{\circ}{\times}$	mittlere Amplitude $\frac{\circ}{\times}$
25)	26	46,6	0,56	68	2,61	37	132,8	0,28	71	1,91
26)	19	72,2	0,26	28	1,47	31	107,6	0,28	59	1,90
27)	12	111	0,11	22	1,83	8	28,2	0,28	7	0,86
28)	5	9,8	0,51	12	2,40	-	-	-	-	-
29)	13	48	0,27	18	1,38	9	55	0,16	16	1,80
30)	-	-	-	-	-	51	224,2	0,22	182	3,56
31)	-	-	-	-	-	48	119	0,40	106	2,20
32)	13	48	0,27	23	1,77	-	-	-	-	-
33)	13	57,8	0,27	20	1,53	33	91,2	0,36	69	2,10
34)	9	57,4	0,15	121	13,44	16	86,8	0,19	81	5,09
35)	9	31,4	0,28	25	2,78	11	25	0,44	22	2,00
36)	6	35,2	0,17	11	1,83	6	11	0,55	8	1,33
37)	-	-	-	-	-	12	38,8	0,31	19	1,56
38)	24	88	0,39	58	2,41	3	10	0,30	11	3,67
39)	-	-	-	-	-	11	85	0,13	13	1,18
40)	21	64,2	0,32	45	2,14	-	-	-	-	-
41)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43)	18	83	0,22	39	2,17	4	23	0,18	5	1,25
44)	11	68,8	0,16	64	5,82	6	41,8	0,14	9	1,50
45)	15	100,2	0,14	31	2,06	19	95,8	0,19	47	2,48
46)	-	-	-	-	-	20	46,8	0,42	68	3,40
47)	8	37,2	0,21	28	3,50	10	29,8	0,37	18	1,80
48)	33	84,2	0,39	59	1,78	16	42,6	0,38	19	1,16
49)	16	124,4	0,13	22	1,37	9	74,6	0,12	12	1,33

Anzahl

Anzahl

$$y_R = -46.01x + 63.42$$

110

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0.2

0.4

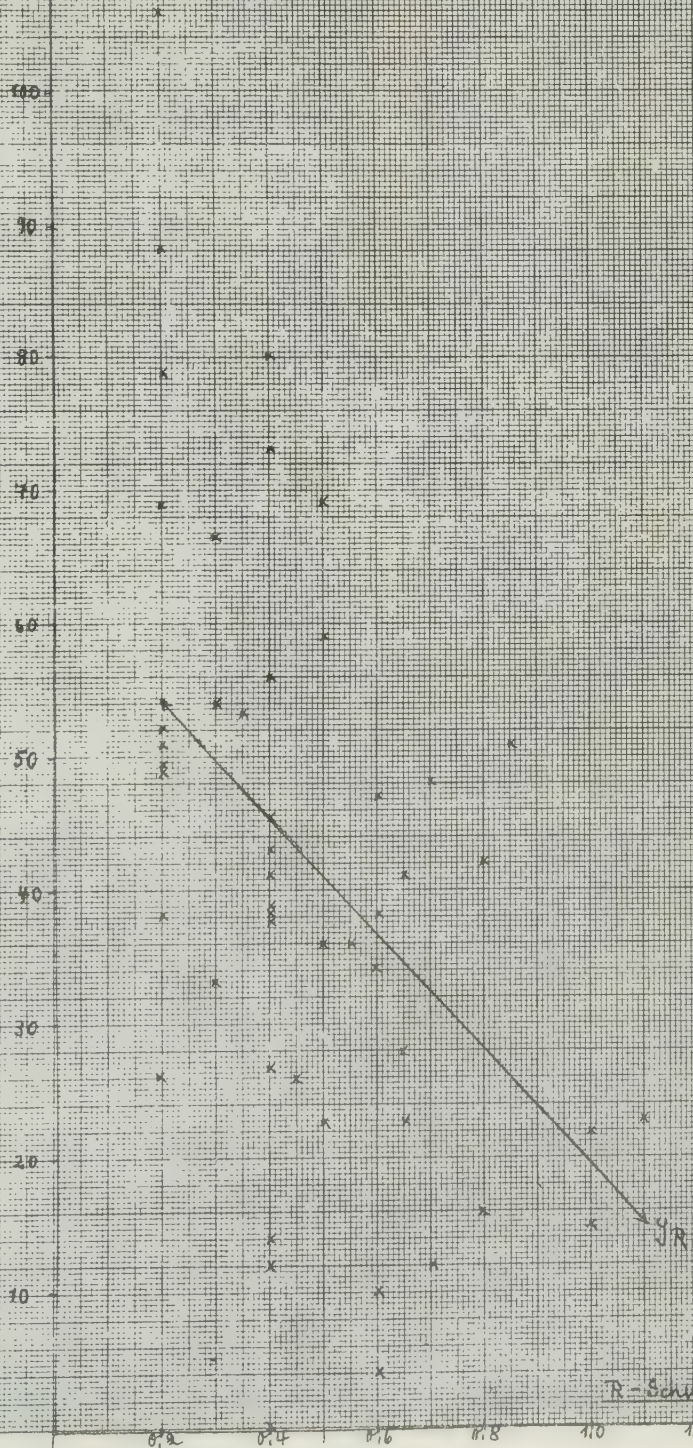
0.6

0.8

1.0

1.2

R-Schwelle

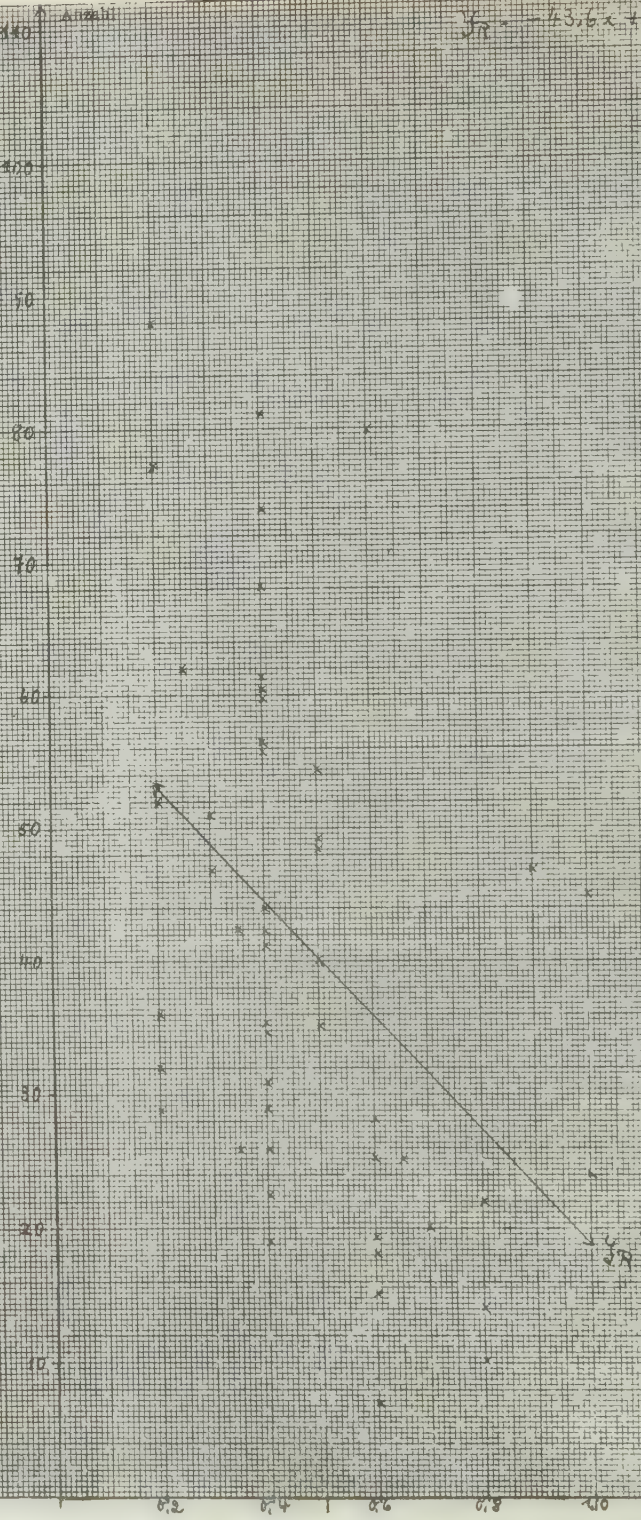


Ansatz

$$\hat{y}_R = -43,6x + 64,5$$

140
120
100
80
60
40
20
0

0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2



L-Schw

Daube (Sek.)

$$\hat{y}_R = -15,7x + 43,7$$



Daue

$$\hat{y}_R = -2,1x + 48,7$$

81
75
66
60
54
45
36
30
24
15
12
9
6
3

*

0,2

0,4

0,6

0,8

1,0

1,2

$\hat{y}_R$

↳ Schwelle

7. Frequenz

$$y_R = -0,6x + 9,4$$

2,5

2,2

2,0

1,7

1,5

1,2

1,0

0,7

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0,2

0,4

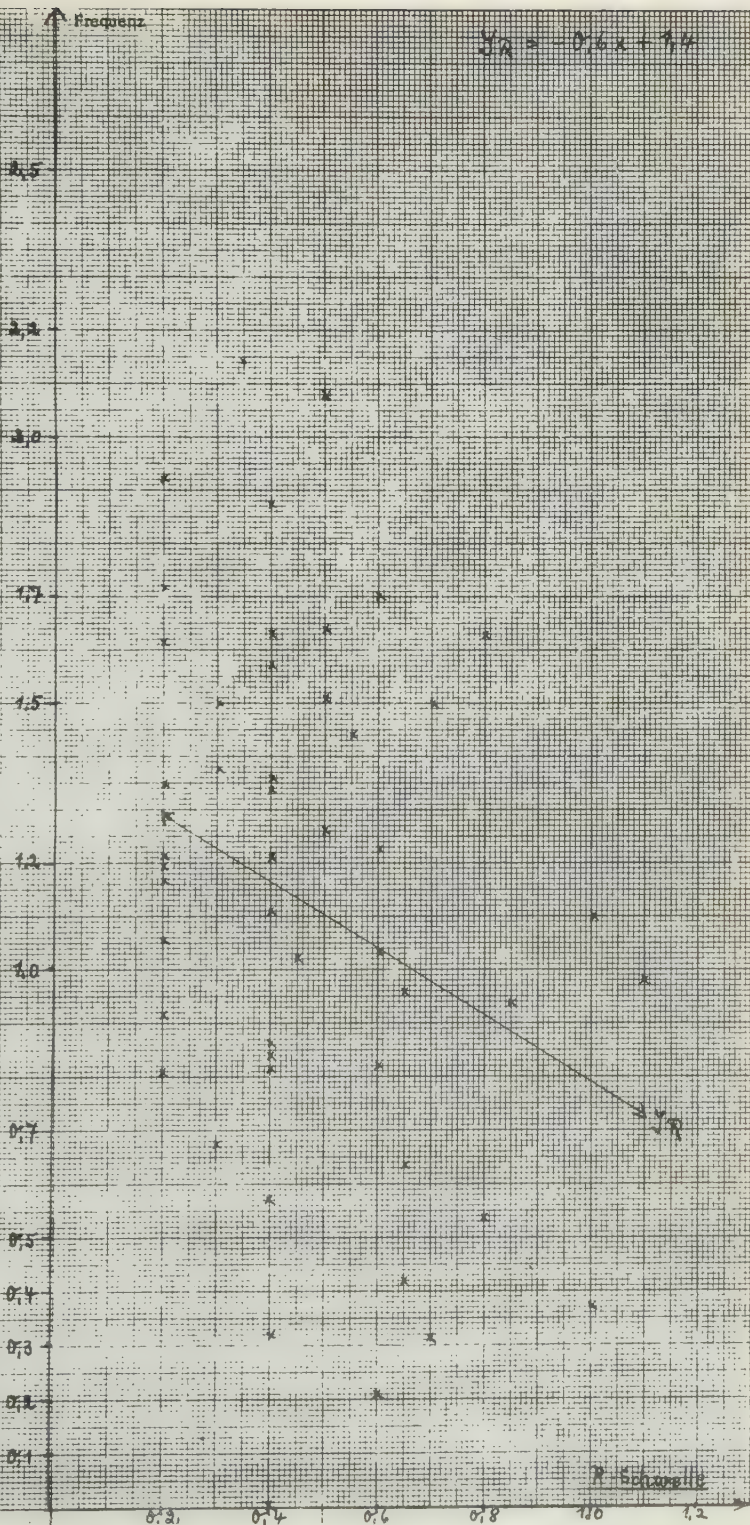
0,6

0,8

1,0

1,2

R-Schwelle



Frequenz

$$\hat{y}_R = -0.9x + 1.5$$

3.5

3.0

2.5

2.0

1.5

1.2

1.0

0.7

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

L-Schwelle

五、

$$30 = -352,3 \times T - 380$$

[illegible]

78d

7.05

504

407

300

248

194

1992

14

0.21

2000

1. 1. 1.

73

1.0

91

1, 2

R. Sawe 1

1998

Gesamtsamplitude (g)

$$V_R = -308,2x + 350$$

1000

800

600

400

200

0

-200

-400

-600

-800

-1000

-1200

-1400

0,2

0,4

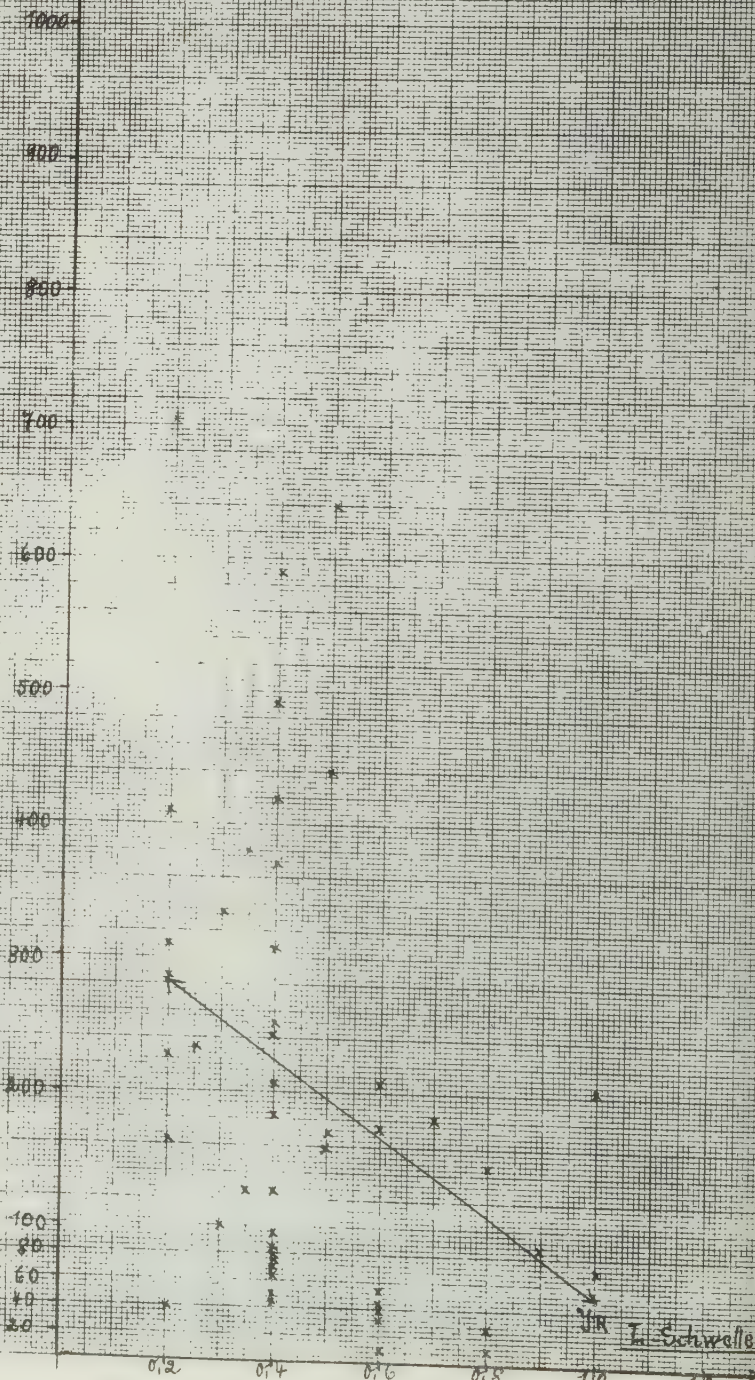
0,6

0,8

1,0

1,2

I. Schwelle



Mittlere Amplitude ($\bar{x}$)

$$\hat{y}_R = -4,1x + 6,2$$

15

12,2

10

10,2

8

7,2

6

4,2

3

2,4

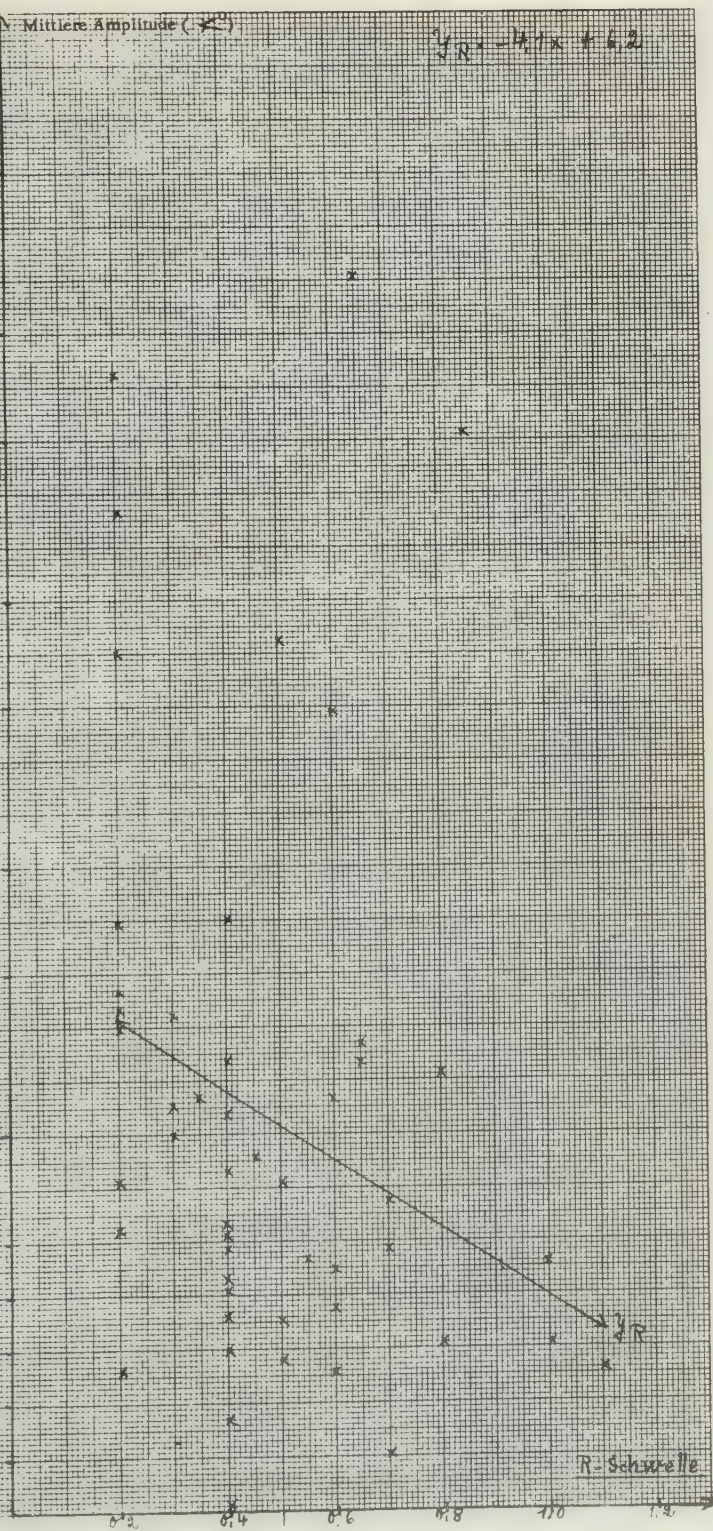
1,8

1,2

0,6

$\hat{y}_R$

R-Schwelle



1. Minigre Amplitude (μV)

$$y_R = -3.9x + 5.8$$

12

10.2

10

10.2

9

7.2

6

4.8

3

2.4

1.8

1.2

0.6

0.2

0.4

0.6

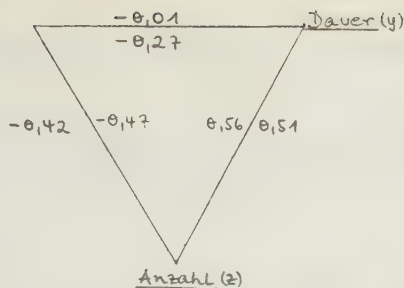
0.8

1.0

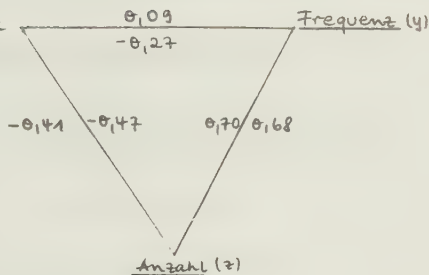
1.2

L-Schwelle

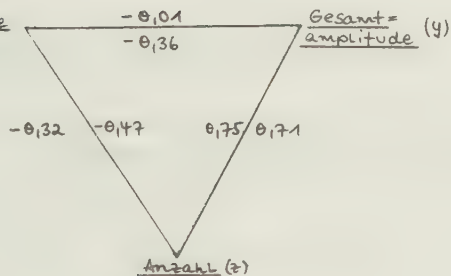
(x) Schwelle



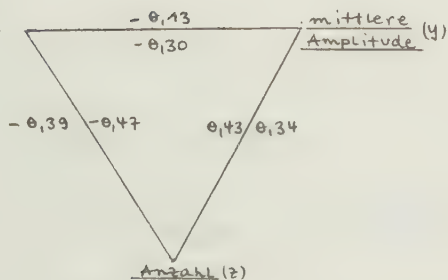
(x) Schwelle



(x) Schwelle

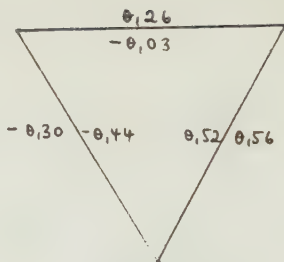


(x) Schwelle



L

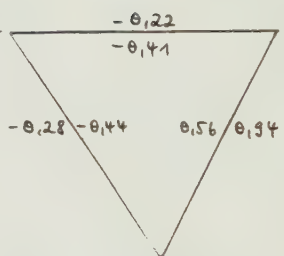
(x) Schwelle



Dauer (y)

Anzahl (z)

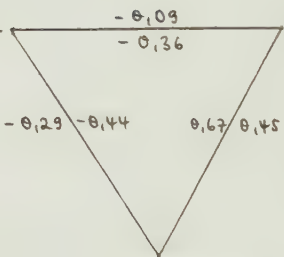
(x) Schwelle



Frequenz (y)

Anzahl (z)

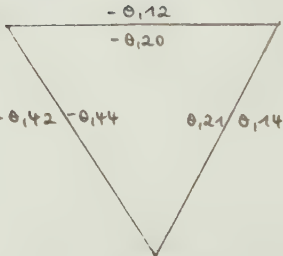
(x) Schwelle



Gesamt =
amplitude (y)

Anzahl (z)

(x) Schwelle



mittlere
Amplitude (y)

Anzahl (z)

Literaturverzeichnis

- 1) B a c h, Ludwig :
Über den künstlich erzeugten Nystagmus bei normalen Individuen und bei Taubstummen. Beitrag zur Physiologie des Ohrlabyrinths. Arch. Augenhk., München, 30, (1895), 10 - 14.
- 2) B á r á n y, Robert :
Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Nachr. Ohr.hk., Berlin, 40, (1906), 191 - 297.
- 3) derselbe :
Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Mschr., Ohr.hk., Berlin, 41, (1907), 477-526.
- 4) B u y s, E. :
Notation graphique du nystagmus vestibulaire.
J. méd. Bruxelles, 14, (1909), 25-35.
- 5) derselbe :
Comment mesurer la sensibilité de l'appareil semicirculaire ?
Rev. oto-neuro-ocul. 7, (1929), 255-262.
- 6) derselbe :
Note complémentaire au sujet de la recherche du seuil nystagmique par la méthode des réactions "primaires postrotatoires".
Ann. oto-laryng., Paris, 59, (1940/42), 109-115.
- 7) B u y s, E. et R i j l a n t :
Le Seuil d'excitation (accélération angulaire) des canaux semicirculaires.
Arch. Physiol. 49, (1939), 101-112.
- 8) D e c h e r, H. :
Habitations-Schrift (1963)
- 9) D o d g e, R. :
Habituation to rotation.
J. Exper. Psychol. (Lancaster), 6, (1923), 1-36.
- 10) F i s c h b a c h, Erich :
Grundriß der Physiologie und Physiologischen Chemie.
Verlag Müller und Steinicke, München, 8. Aufl. (1960), 510-511.
- 11) F i s c h e r, M.H. :
Aktuelle Vestibularisfragen.
Zschr. Laryng. (Stuttgart), Band 23, Heft 5-6, (1932), 398-410.

- 12) Fitzgerald, G. und C.S. Hallpike:
Studies in human vestibular function.
Brain, London, 65, (1942), 115-137.
- 13) Haas, Erwin:
Zur Frage der Altersabhängigkeit der Drehreizschwelle.
Zschr. Laryng., (Stuttgart), 43 (1964).
- 14) Hallpike, C.S. and J.D. Hood:
Fatigue and adaptation of the cupular mechanism of the human horizontal semicircular canal: An experimental investigation.
Proc. Roy. Soc. B, 141, (1953), 542-561.
- 15) Hood, J.D. and C.R. Pfaltz:
Observations upon the effects of repeated stimulation upon rotational and caloric nystagmus.
J. Physiol. (London), 124, (1954), 130-144.
- 16) Ino und Takeyama:
Experimentelle Untersuchungen über das zentral ausgelöste Nystagmusüberwiegen.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.hk., (Berlin), 179, (1961), 127-140.
- 17) Jongkees, L.B.W.:
Über die Untersuchungen des Gleichgewichtsorgans. Advances in Otorhinolaryngology I.
Pract. oto-rhino-laryng. (Suppl.), (Basel), (1953), 1-148.
- 18) Ichisuzuki, J.J. and Tonsuka, Genkichi, Tokyo (Japan):
Postrotatory nystagmus: Modifications observed in experiments with repeated rotatory stimulation.
Acta - oto - laryng. Stockholm, 51, (1960), 570-578.
- 19) Jung, Richard:
Eine elektrische Methode zur Mehrfachregistrierung von Augenbewegung und Nystagmus.
Klin. Wschr. 18, (1939), 21-24.
- 20) derselbe:
Die Registrierung des postrotatorischen und optokinetischen Nystagmus und die optische kinetische Integration beim Menschen.
Acta - oto - laryng. Stockholm, 36, (1948), 199-202.
- 21) Derselbe und Richard Mittermaier:
Zur objektiven Registrierung und Analyse der verschiedenen Nystagmusformen.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk., (Berlin), 146, (1939), 410.
- 22) derselbe und Jan Friedrich Tönnies:
Die Registrierung und Auswertung des Drehnystagmus beim Menschen.
Klin. Wschr. 26, (1948), 513-519.

- 23) L a c h m a n n, J. und F. B e r g m a n n :
Mutual Influence of Nystagmogenic Centers During Labyrinthine
of Central Nystagmus.
Acta - oto - laryng., Stockholm, 53, (1961) 294-301.
- 24) L a n g e, C a r l :
Untersuchungen über den Ablauf der zweiten postrotatorischen
Reaktion.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl. - hk., (Berlin), 145/146, (1938/39),
302 - 333.
- 25) L o r e n t e d e N o :
Einiges zur Labyrinthphysiologie.
Acta - oto - laryng., Stockholm, 11, (1927), 311-340.
- 26) M i t t e r m a i e r, R i c h a r d :
Gleichgewichtsprüfung mit verschiedener Drehgeschwindigkeit.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl. - hk., (Berlin), 143/44, (1937/38), 339-361.
- 27) d e r s e l b e :
Der Nystagmus Postrotatorius II als klinische Untersuchungsmethode.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl. - hk., (Berlin), 143/44, (1938), 403 - 416.
- 28) d e r s e l b e :
Über die Beeinflussung des experimentell ausgelösten Nystagmus
durch wiederholte Reize.
Zschr. Laryng., (Stuttgart), 31 (1952), 360-367.
- 29) d e r s e l b e :
Über systematische nystagmographische Untersuchungen des kalo-
rischen und rotatorischen Nystagmus.
Acta - oto - laryng., Stockholm, 44, (1954), 574-579.
- 30) d e r s e l b e :
Über die Amplitude des experimentell ausgelösten Nystagmus.
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel), 16, (1954), 108-124.
- 31) d e r s e l b e :
Über die Funktion des Vestibularapparates.
Dtsch. med. Wschr. 85, (1960), 843-851.
- 32) d e r s e l b e, B. E b e l, R u b l e r u n d B ä s s e l :
Elektrographische Nystagmusregistrierung.
Zschr. Laryng. (Stuttgart), 31, (1952), 115-124.
- 33) d e r s e l b e u n d G. R o s s b e r g :
Vestibularisuntersuchungen mit schwellennahen Beschleunigungs-
reizen.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl. - hk. (Berlin), 168, (1955/56), 313-332.

- 34) derselbe und D. R ö s e r :
Untersuchungen und kritische Bemerkungen zum Entschleunigungs-
test.
Arch. Ohr. -Nas. -Kehlk.hk. (Berlin), 170, (1956/57), 168-186.
- 35) M o n t a n d o n , A. :
Proc. of the fifth Internat. Congress of Oto-rhino-laryng. Amster-
dam 1953
Rev. laryng. 74/413 (1953).
- 36) derselbe :
A New Technique for Vestibular Investigation.
Acta oto-laryng., Stockholm, 44 (1954), 594-596.
- 37) derselbe :
La méthode des stimulations giratoires différenciées (SGD). Une
nouvelle technique d'examen vestibulaire.
J. frç. oto - rhino - laryng., Paris, 3, (1954) 566 - 569.
- 38) derselbe :
Analyse du nystagmus perrotatoire par l'électronystagmographie.
Acta oto - laryng. Belgica 9, (1955), 328-331.
- 39) derselbe, M. M o n n i e r , C r o c i , H. B r u n n e r :
Enregistrement simultané des variations de la pression artérielle et
du nystagmus provoque par la stimulation vestibulaire giratoire.
Rev. oto - neuro - opht., Paris, 25, (1951), 526 - 531.
- 40) derselbe et M. M o n n i e r :
Analyse du nystagmus vestibulaire par la méthode électro-nystagmo-
graphique.
Ann. oto - laryng., Paris, 68, (1951), 761 - 765.
- 41) dieselben :
Technique d'enregistrement du nystagmus vestibulaire giratoire
chez l'homme.
Rev. laryng. (Bordeaux), 74, (1953), 413-423.
- 42) dieselben and A. R u s s b a c h :
An new technique of vestibular rotatory stimulation and of electri-
cal recording of nystagmus in man.
Ann. oto - laryng., Paris, 64, (1955), 701-717.
- 43) M o n t a n d o n , A. et A. R u s s b a c h :
L'épreuve giratoire liminaire.
Pract. oto - rhino - laryng. (Basel), 17, (1955), 224 - 235.
- 44) dieselben :
Étude de quelques syndromes vestibulaires par l'épreuve liminaire.
Acta oto - laryng. (Stockholm), 46, (1955), 264 - 275.

- 45) Montandon, A. et J. Fumeaux :
Valeur diagnostique comparative des nystagmus per - et postrotatoires à l'épreuve giratoire liminaire.
Pract. oto - rhino - laryng. (Basel), 19, (1957), 556 - 565.
- 46) Mowrer, O.H. :
Influence of Excitement on the Duration of postrotational Nystagmus.
Arch. Otol., N.Y., 19, (1934), 46 - 54.
- 47) derselbe, Ruch and J.W. Miller :
The Corneo - retinal Potential Difference as Basis of Galvanometric Eye Movement.
Amer. J. Physiol. 114, (1936), 423 - 428.
- 48) Pfanzagl, Johann :
Allgemeine Methodenlehre der Statistik,
Götschen-Sammlung, Verlag de Gruyter, Berlin, Band 747/747 a,
(1962), 252 - 262.
- 49) Rossberg, G. :
Zur Vestibularisuntersuchung mit ruckartigen rotatorischen Reizen.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl.k.hk. (Berlin), 168, (1955/56), 19-34.
- 50) derselbe :
Zur Auswertung des Elektronystagmogramms.
Arch. Ohr. - Nas. - Kehl.k.hk. (Berlin), 169, (1956), 410 - 415.
- 51) Russbach, A. :
Le seuil du nystagmus d' accélération giratoire.
Thèse Genève 1955.
- 52) Steinhäusen, Wilhelm :
Über die Eigenbewegung der Cupula in der intakten Bogengangsampulle des Labyrinthes.
Arch. Physiol. (Berlin), 229, (1930), 439 - 440.
- 53) derselbe :
Über den Nachweis der Bewegung der Cupula in der intakten Bogengangsampulle des Labyrinthes bei der natürlichen rotatorischen und kalorischen Reizung.
Pflügers Arch. Physiol. 228, (1931), 322 - 328.
- 54) derselbe :
Über die Beobachtung der Cupula in den Bogengangsampullen des Labyrinthes des lebenden Menschen.
Pflügers Arch. Physiol. 232, (1932), 500 - 512.
- 55) Van Egmond, A.A.J., J.J. Groen and L.B.W. Jongkees :
The mechanism of the semicircular canal.
J. Physiol. 110, (1949), 1 - 17.

56) W o l e t z, Franz :

Quantitative Untersuchungen über den postrotatorischen Nystagmus I.
Zschr. Hals - Nas. -Ohr.hk. (Berlin), 33, (1933), 476-513.

Herrn Professor Dr. med. H a a s, Chefarzt der
Hals-, Nasen-, Ohrenabteilung am Alten St.
Vincentius-Krankenhaus in Karlsruhe, danke ich
verbindlichst dafür, daß er diese Arbeit angeregt
und ihre Entwicklung mit großem Interesse ver-
folgt hat.

Herrn Professor Dr. phil., Dr. med. K o l l e r
vom Med. Statist. Amt in Mainz hat mir in liebens-
würdiger und entgegenkommender Weise bei der
statistischen Auswertung meiner Ergebnisse geholfen,
wofür ich ihm meinen besonderen Dank ausspreche.

Verzeichnis meiner akademischen Lehrer :

- Prof. Dr. Borneff : Hygiene
Prof. Dr. Brandt : Chirurgische Klinik
Prof. Dr. Bredt : Pathologie
Prof. Dr. Dr. Dabelow : Anatomie
Prof. Dr. Dimroth : Anorganische Chemie
Prof. Dr. Elbel : Gerichtliche Medizin
Prof. Dr. Gütgemann : Chirurgische Klinik
Prof. Dr. Hattemer : Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Prof. Dr. Haas : Nystagmographie
Prof. Dr. Dr. Heischkel-Artelt : Geschichte der Medizin
Prof. Dr. Herzau : Augenheilkunde
Prof. Dr. Heymer : Innere Medizin
Prof. Dr. Hungerland : Kinderheilkunde
Prof. Dr. Janker : Medizinische Strahlenkunde
Prof. Dr. Kern : Organische Chemie
Prof. Dr. Kessler : Botanik
Prof. Dr. Klages : Physik
Prof. Dr. Klein : Medizinische Mikrobiologie
Prof. Dr. Korting : Haut- und Geschlechtskrankheiten
Prof. Dr. Köttgen : Kinderheilkunde
Prof. Dr. Kranz : Psychiatrie und Neurologie
Prof. Dr. Kuschinsky : Pharmakologie und Toxikologie
Prof. Dr. Kutscher : Physiologische Chemie
Prof. Dr. Lang : Physiologische Chemie
Prof. Dr. Leicher : Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
Prof. Dr. Müller : Topografische Anatomie
Prof. Dr. Niessing : Histologie
Prof. Dr. Overzier : Chemische Mikroskopie
Prof. Dr. Petry : Anatomie
Prof. Dr. Dr. Schriever : Physiologie
Prof. Dr. Seidel : Zoologie
Prof. Dr. Siebke : Geburtshilfe und Gynäkologie
Prof. Dr. Strassmann : Anorganische Chemie
Prof. Dr. Thomsen : Geburtshilfe und Gynäkologie
Prof. Dr. Voit : Innere Medizin
Prof. Dr. Watzka : Entwicklungsgeschichte und Histologie

Lebenslauf

Am 22. April 1939 wurde ich als zweite Tochter des Oberamtsrichter a. D. Dr. Ludwig Pfänder und seiner Ehefrau Anneliese geb. Schminke zu Wetter (Ruhr) geboren. Nach dem Besuch der Volksschule bestand ich Ostern 1950 die Aufnahmeprüfung für die Sexta des Math. Nat. Gymnasiums in Wetter (Ruhr) und legte dort am 11. März 1959 die Reifeprüfung ab. Mein Medizinstudium begann ich im SS 1959 in Marburg (Lahn). An der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bestand ich am 26. April 1960 die naturwissenschaftliche (Vorphysikum), am 30. Oktober 1961 die ärztliche Vorprüfung (Physikum) und am 16. September 1965 die ärztliche Prüfung (Staatsexamen). Ich studierte außerdem je ein Semester in Heidelberg und Bonn.

